



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA**

MARIA EDUARDA CABRAL DA SILVA

**ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES NO CONSÓRCIO MILHO
COM CAPIM-MARANDU EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA
NO LESTE MARANHENSE**

TERESINA – PI

2023

MARIA EDUARDA CABRAL DA SILVA

**ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES NO CONSÓRCIO MILHO
COM CAPIM-MARANDU EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA
NO LESTE MARANHENSE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Piauí, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, para
obtenção do título de Mestre em
Agronomia.

Orientador: Dr. Henrique Antunes de
Souza

Coorientador: Dr. Edvaldo Sagrilo

TERESINA – PI

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação da Informação

- S586a Silva, Maria Eduarda Cabral da.
Absorção e particionamento de nutrientes no consórcio milho com capim-marandu em sistema de integração lavoura-pecuária no leste maranhense / Maria Eduarda Cabral da Silva. -- 2023.
165 f.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Pós-graduação em Agronomia, Teresina, 2023.
“Orientador: Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza.”
1. *Zea mays*. 2. *Urochloa brizantha*. 3. Dinâmica de nutrientes. 4. Cerrado. I. Souza, Henrique Antunes de. II. Título.
- CDD 631.42

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

MARIA EDUARDA CABRAL DA SILVA

**ABSORÇÃO E PARTICIONAMENTO DE NUTRIENTES NO CONSÓRCIO
MILHO COM CAPIM-MARANDU EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA NO LESTE MARANHENSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

APROVADA em 31 de julho de 2023

Comissão Julgadora:



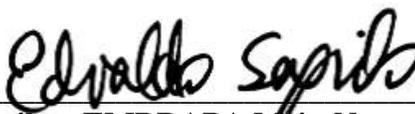
Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu – EMBRAPA Caprinos e Ovinos/Membro Externo



Prof. Dr. José Oscar Lustosa de Oliveira Júnior – EMBRAPA Meio-Norte/Membro Externo



Prof. Dr. Ricardo Silva de Sousa – UFPI/Membro Interno



**Prof. Dr. Edvaldo Sagrilo – EMBRAPA Meio-Norte/Membro Externo
(Coorientador)**



**Prof. Dr. Henrique Antunes de Souza – EMBRAPA Meio-Norte
(Orientador)**

**TERESINA-PI
2023**

*Dedico,
À minha família,
em especial à minha mãe e meu pai,
às minhas irmãs, Débora, Eva, Clara,
ao meu noivo Inácio.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por permitir trilhar o caminho até esse momento.

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Fazenda Barbosa, por disponibilizar a área experimental e por auxiliar durante a condução do experimento e sempre que necessário.

À Embrapa Meio-Norte, pelo suporte e por permitir a realização do mestrado.

À FAPEMA pelo financiamento e concessão da bolsa.

À Capes e CNPq pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao meu orientador, Dr. Henrique Antunes de Souza, por toda paciência, atenção, disponibilidade, ajuda, pelos ensinamentos durante essa etapa. Obrigada pelo incentivo e pela confiança depositada em mim!

Ao meu coorientador Dr. Edvaldo Sagrilo pelo apoio na realização do trabalho.

A todos os trabalhadores da Embrapa Meio-Norte, em especial aos técnicos de laboratório Moreira, Afonso, Duarte e Vera pela ajuda na parte prática da pesquisa.

Aos professores desde o ensino fundamental à pós graduação, todo o corpo docente do PPGA, pois professores são a base de minha formação, agradeço por todos os ensinamentos repassados.

À minha mãe Maria José e ao meu pai José de Moraes tudo que aprendi foi com eles, sempre serei imensamente grata por todos os ensinamentos, conselhos e pela forma como me educaram, pelo apoio que sempre tive durante a graduação e a pós-graduação, por sempre zelarem e cuidarem de mim.

Às minhas irmãs: Débora, Eva e Clara, pois em muitos momentos elas representam refúgio, apoio, afeto e espelho na minha jornada de vida.

Ao meu noivo Inácio, por sempre me apoiar, ajudar, e incentivar meus sonhos além de meu companheiro de vida é meu companheiro de profissão.

Aos meus familiares, por todo o apoio durante o mestrado.

Aos amigos da Embrapa: Hosana, Paula, Daiane, Carlos, José Alves, Gustavo, Marcus Clark, Suzane, Jenefer, José Roberto, Lesly, agradeço a cada um pela amizade, pelos momentos de descontração, por todo o apoio nesse período.

Aos amigos da vida, agradeço pelo apoio e incentivo em muitos momentos.

A todos que de alguma maneira contribuíram nesta etapa e na execução deste trabalho.

*“Conheça todas as teorias,
domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma humana,
seja apenas outra alma humana.”*

Carl Jung

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 A cultura do milho e a absorção de nutrientes	15
2.2 A cultura da braquiária e a absorção de nutrientes	18
2.3 Características da integração lavoura-pecuária	19
2.4 Fenologia das culturas associada ao acúmulo de graus-dia.....	20
2.5 Impacto da adoção do consorciado de milho-braquiária no solo.....	21
REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO I - CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MILHO COM BRAQUIÁRIA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO LESTE MARANHENSE	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT	28
1 INTRODUÇÃO	31
2 METODOLOGIA.....	33
2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental	33
2.2 Preparo do solo, plantio e tratamentos	34
2.3 Delineamento experimental e tratamentos	36
2.4 Variáveis respostas	37
2.5 Análise estatística	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
3.1 Acúmulo de graus-dia.....	41
3.2 Respostas biométricas em milho solteiro e consorciado.....	43
3.2.1 Rendimento e componentes de produção do milho	47
3.3 Respostas biométricas em braquiária solteira e consorciada.....	48
3.3.1 Braquiária em cultivo simultâneo ao milho	48
3.3.2 Braquiária em cultivo subsequente à colheita dos grãos.....	54
4 CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS.....	59

CAPÍTULO II - ACÚMULO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES NO CONSÓRCIO MILHO COM BRAQUIÁRIA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO LESTE MARANHENSE	63
RESUMO.....	63
ABSTRACT	64
1 INTRODUÇÃO	70
2 METODOLOGIA.....	72
2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental	72
2.2 Preparo do solo, plantio e tratos culturais	73
2.3 Delineamento experimental e tratamentos	75
2.4 Variáveis respostas	76
2.5 Análise estatística	78
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
3.1 Acúmulo de matéria seca em plantas de milho	80
3.2 Acúmulo de nutrientes em plantas de milho.....	84
3.3 Acúmulo de matéria seca em plantas de braquiária.....	101
3.3.1 Braquiária em cultivo simultâneo ao milho	101
3.3.2 Braquiária em cultivo subsequente a colheita dos grãos.....	103
3.4 Acúmulo de nutrientes em plantas de braquiária	108
3.4.1 Braquiária em cultivo simultâneo ao milho	108
3.4.2 Braquiária em cultivo subsequente à colheita dos grãos de milho	126
4 CONCLUSÕES	147
REFERÊNCIAS.....	148
ANEXOS	154

RESUMO

Compreender a dinâmica dos nutrientes nas plantas é importante para estabelecer quando fornecê-los às culturas, maximizando a produtividade agrícola. No cultivo consorciado de milho com braquiária pode ocorrer competição por nutrientes, água e luz. Diante disso, objetivou-se determinar o crescimento e o acúmulo de nutrientes em plantas de milho e braquiária quando cultivados em consórcio e isoladamente. Foram realizados dois ensaios: (i) milho consorciado x milho solteiro, (ii) braquiária consorciada x braquiária solteira. Ambos foram conduzidos em campo, simultaneamente, na Fazenda Barbosa (Brejo, Maranhão), em DBC com parcelas subdivididas. As parcelas foram os sistemas de cultivos e as subparcelas os tempos de coleta, com 4 repetições. O ensaio com o milho apresentou 8 coletas nos estádios V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 e R6, com acúmulo de graus-dia (GD) de 432, 820, 1202, 1490, 1766, 2061, 2343, 2665, 2981, respectivamente. No estágio R6, foram coletados grãos para avaliação do rendimento. No milho, foram avaliados: altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, área foliar e índice de área foliar, além da matéria seca das partições: folha, colmo, estruturas reprodutivas (palha, espiga, sabugo), grãos e da planta inteira. Posteriormente foram determinados o teor e acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B. O ensaio da braquiária foi conduzido em 13 tempos de coletas, baseados nos dias após a emergência (DAE): 11, 25, 37, 50, 64, 78, 92, 106, 124, 159, 192, 221 e 278, com acúmulo de graus-dia de 559, 807, 1031, 1277, 1541, 1789, 2067, 2329, 2672, 3273, 3859, 4402 e 5500 GD, respectivamente. Foram avaliadas: altura do dossel (cm), número de perfilhos, densidade populacional de perfilhos, folhas vivas por perfilho, relação folha:colmo, área foliar (cm²), IAF, o acúmulo de matéria seca das partições (folha e colmo) e na planta inteira, além do teor e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B. No ensaio de braquiária, as plantas foram avaliadas em dois períodos: até a colheita dos grãos e após o consórcio com o milho. Foi realizada a ANOVA e procedido o teste F para o fator consórcio e análise de regressão para os tempos de coleta. Para as variáveis biométricas analisadas no milho não foram observadas diferenças entre os tratamentos consórcio e solteiro. Para as variáveis de crescimento analisadas na braquiária, foram observadas alterações significativas nos dois períodos de cultivo, do 11° ao 106° DAE e do 106° ao 278° DAE, para todos os atributos analisados. Observou-se lento acúmulo de matéria seca e nutrientes em ambos os sistemas de cultivo de milho até VT (estádio de pendoamento). Posterior a este estágio, o acúmulo de nutrientes em R6 seguiu a ordem decrescente para o milho em consórcio: N>K>Mg>Ca>P>S e Fe>Zn>Mn>B>Cu e para o milho solteiro: N>K>Mg>P>Ca>S e Fe>Mn>Zn>B>Cu. O índice de colheita (IC) em matéria seca foi o mesmo para ambos os cultivos consórcio e solteiro, sendo IC = 0,23. O maior IC encontrado foi em P para o milho consórcio (IC= 0,51) e para milho solteiro (IC= 0,43), enquanto o menor IC foi em Mn para ambos cultivos (IC = 0,05). Na braquiária em consórcio os padrões de acúmulo foram: N>K>Mg>Ca>P=S e Fe>Mn>Zn>Cu>B e para braquiária solteira: K>N>Mg>Ca>P>S e Fe>Mn>Zn>B>Cu. No período do 11° ao 106° DAE, subsequente à colheita dos grãos de milho, a braquiária em consórcio apresentou N>K>Mg>S>Ca>P, enquanto a braquiária solteira apresentou K>N>Mg=Ca>P>S. Para os micronutrientes, o padrão foi o mesmo para ambos os cultivos: Fe>Mn>Zn>B>Cu. A braquiária apresentou alteração na dinâmica e partição dos nutrientes quando cultivada em consórcio em relação à braquiária solteira.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. Dinâmica de nutrientes. Cerrado.

ABSTRACT

Understanding nutrient dynamics in plants is important to establish when to supply them to the crops, maximizing agricultural productivity. In the intercropping of maize with *Brachiaria*, competition for nutrients, water, and light may occur. Therefore, the objective was to determine the growth and accumulation of nutrients in maize and *brachiaria* plants when grown in intercropping and as single crop. Two trials were carried out: (i) maize intercropped x single maize and (ii) *brachiaria* intercropped x single *brachiaria*. Both were conducted in the field simultaneously, at Fazenda Barbosa (Brejo, Maranhão), in randomized blocks design (RBD) with split-plots. The plots were the cropping systems and the subplots the sampling times, with 4 replications. The maize trial had 8 collections at stages V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 and R6, with an accumulation of degree-days (DD) of 432, 820, 1202, 1490, 1766, 2061, 2343, 2665, 2981, respectively. In stage R6, grains were collected for yield evaluation. In maize, the following were evaluated: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, and leaf area index (LAI), in addition to the dry matter of the partitions: leaf, stem, reproductive structures (straw, ear, cob), grains, and the whole plant. Subsequently, the content and accumulation of the nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn and B were determined. The *brachiaria* trial was conducted at 13 sampling times, based on the days after emergence (DAE): 11, 25, 37, 50, 64, 78, 92, 106, 124, 159, 192, 221 and 278, with accumulated degree-days of 559, 807, 1031, 1277, 1541, 1789, 2067, 2329, 2672, 3273, 3859, 4402 and 5500 DD, respectively. The following parameters were evaluated: canopy height (cm), number of tillers, tiller population density, live leaves per tiller, leaf:stem ratio, leaf area (cm²), LAI, dry matter accumulation of partitions (leaf and stem) and in the whole plant, in addition to the content and accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn and B. In the *brachiaria* trial, the plants were evaluated in two periods: until the maize grain harvest and after intercropping with maize. ANOVA was performed, and the F test was applied for the intercropping factor and regression analysis for sampling times. For the biometric variables analyzed in maize, no differences were observed between the intercropping and single treatments. For the growth variables analyzed in *brachiaria*, significant alterations were observed in the two growing periods, from the 11th to the 106th DAE and from the 106th to the 278th DAE, for all attributes analyzed. A slow accumulation of dry matter and nutrients was observed in both maize cropping systems up to VT (tillering phase). After this stage, the accumulation of nutrients in R6 followed the descending order for maize in intercropping: N>K>Mg>Ca>P>S and Fe>Zn>Mn>B>Cu, and for single maize: N> K>Mg>P>Ca>S and Fe>Mn>Zn>B>Cu. The harvest index (HI) in dry matter was the same for both intercropped and single crops, with a HI = 0.23. The highest HI found was in P for intercropping maize (HI= 0.51) and single maize (HI= 0.43), while the smallest CI was in Mn for both crops (HI = 0.05). In *brachiaria* intercropping, the accumulation patterns were: N>K>Mg>Ca>P=S and Fe>Mn>Zn>Cu>B, and for single *brachiaria*: K>N>Mg>Ca>P>S and Fe> Mn>Zn>B>Cu. In the period from the 11th to the 106th DAE, after the harvest of maize grains, *brachiaria* in intercropping presented N>K>Mg>S>Ca>P, while single *brachiaria* presented K>N>Mg=Ca>P>S. For micronutrients, the pattern was the same for both cultures: Fe>Mn>Zn>B>Cu. The *brachiaria* presented an alteration in the dynamics and partition of the nutrients when cultivated in intercropping in relation to the single *brachiaria*.

Keywords: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. Nutrient dynamics. Cerrado.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O consórcio entre plantas é tecnologia empregada em larga escala, seja em agricultura de baixo, médio ou alto nível tecnológico. Assim, quando este é realizado entre uma cultura anual e uma planta forrageira, algumas opções de manejo podem ser realizadas pelo produtor, como o estabelecimento da integração lavoura-pecuária (ILP), ou mesmo, a produção de palhada com fins ao cultivo em sistema de plantio direto. O aporte de biomassa, principalmente pela forrageira, torna-se preponderante para o incremento de matéria orgânica e melhoria do ambiente edáfico (ALMEIDA et al., 2019). Tal sistema de manejo vem se expandindo em várias áreas por todo o Brasil e com franco crescimento como tecnologia em sistemas integrados no Maranhão.

O consórcio de milho com forrageiras permite maior acúmulo de nutrientes e matéria seca em plantas, melhora os atributos físicos e químicos do solo, aumentando a sua fertilidade (ZHANG & LI, 2003). Além disso, propicia o acúmulo de biomassa para viabilização do sistema de plantio direto ou para o estabelecimento de pastagem, para alimentação animal, após a colheita da cultura de grãos (ALMEIDA et al., 2017). O milho (*Zea mays*) e a braquiária (*Urochloa* spp.) são as espécies mais cultivadas em consórcio no Brasil, impulsionadas pela crescente adoção do sistema de ILP no país (ALMEIDA et al., 2019). Entretanto, a produtividade dos grãos não deve ser comprometida com a presença das forrageiras e, portanto, a planta produtora de grãos deve ser estabelecida como dominante no sistema de consórcio (ZHANG & LI, 2003), para evitar que ocorra redução no crescimento e desenvolvimento, ou competição por nutrientes entre as duas espécies (COSTA et al., 2012).

Alguns trabalhos indicam que em sistemas bem manejados, o consórcio do milho com forrageiras não interfere no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (CECCON et al., 2013), devido à menor produção de biomassa da forragem durante o período de crescimento do milho.

Para o adequado manejo do consórcio, é necessário que a semeadura do milho e da gramínea sejam realizadas em diferentes épocas ou simultaneamente, assim se estabelecendo uma população uniforme do milho para sombrear a gramínea, evitando competição interespecífica. Também deve

ocorrer o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, fornecendo os nutrientes no momento requerido pelo milho via adubação (ALMEIDA et al., 2019).

O acúmulo de nutrientes em plantas se refere à exigência nutricional das culturas, que se altera em função do nível de produção, espécie, cultivar, fertilidade do solo, adubação, clima, tratos culturais (PRADO, 2020). No geral, as plantas possuem suas necessidades nutricionais que correspondem às quantidades de macro e micronutrientes retirados dos solos durante o período de cultivo para atender a todas as fases de desenvolvimento das plantas (PRADO, 2020).

A absorção é o processo em que as plantas retiram nutrientes da solução do solo, pelo contato íon/raiz e pode ocorrer por três processos: interceptação radicular, fluxo de massa e por difusão (PRADO, 2020). Após absorvidos, os nutrientes são acumulados em diferentes órgãos vegetais, conforme o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo mobilizados para diferentes órgãos, processo esse chamado de particionamento, seja de nutrientes ou de fotoassimilados (PRADO, 2020).

O consórcio milho+braquiária promove maior extração de água, principalmente na camada de 0 a 30 cm, quando o milho está nos estágios de maior demanda hídrica, como no florescimento e no enchimento de grãos, em comparação aos sistemas de cultivo solteiro (SILVA et al., 2020). Entretanto, é relatado que este consórcio é a melhor opção para aumentar a produção de biomassa e a ciclagem de N, P e K em sistemas de produção de grãos (OLIVEIRA et al., 2019).

O nitrogênio (N) é o nutriente que as plantas de milho acumulam em maior quantidade, seguido dos macronutrientes potássio (K), fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S). Dentre os micronutrientes, o ferro (Fe) destaca-se, seguido por manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) (BENDER et al., 2013). O nutriente que mais se acumula nas gramíneas forrageiras em consórcio com o milho é o potássio, seguido pelo nitrogênio (CECCON et al., 2013). No cultivo consorciado ocorre competição por potássio, pela maior demanda desse nutriente para o cultivo da forrageira (CECCON et al., 2013).

No cultivo do milho, em que grande parte dos nutrientes são exportados com a colheita na forma de grãos, e(ou) em culturas como a braquiária onde o produto colhido é boa parte dos colmos e folhas no pastejo ou na forma de corte para silagem, ocorre a necessidade da reposição dos nutrientes exportados (que foram levados para fora da área de cultivo, devido aos elevados índices de colheita) dos solos cultivados, por meio das adubações de manutenção. Assim, é necessário se identifique as exigências das culturas para os nutrientes, atendendo à sua demanda e como consequência permitindo a manutenção da produtividade (PRADO, 2020).

A disponibilidade de nutrientes no solo, o acúmulo de biomassa e o período de crescimento afetam a ciclagem de nutrientes das gramíneas (FAGERIA et al. 2005, LORIN et al. 2016). Além disso, as assimilações de determinados nutrientes pelas plantas variam com o estágio fenológico, disponibilidade do elemento no solo e os tecidos para qual o nutriente será mobilizado (BENDER *et al.*, 2013). No entanto, a dinâmica do acúmulo de biomassa e dos nutrientes no consórcio milho+braquiária, além dos efeitos que uma cultura impõe sobre a outra, ainda permanecem mal compreendidas (OLIVEIRA et al., 2019).

Desse modo, ao analisar-se os parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura do milho e da braquiária pode-se planejar melhor as safras seguintes, buscando produtividades que satisfaçam às necessidades do mercado, compreendendo o comportamento da planta em função do manejo a que a cultura se submeteu naquela safra.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma melhor compreensão sobre a dinâmica do crescimento, desenvolvimento, aporte e acúmulo de nutrientes em plantas de milho e braquiária consorciadas, considerando as condições edafoclimáticas do leste maranhense.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do milho e a absorção de nutrientes

O milho é o segundo grão mais produzido no Brasil (CONAB, 2022), sendo uma cultura de destaque na economia do país, sendo utilizado na alimentação humana e animal, além de ser a matéria prima de bebidas, polímeros e combustíveis. No Brasil, o cultivo do milho ocorre em dois períodos do ano, sendo denominados de milho safra e safrinha (CONAB, 2023). Logo, conhecer dinâmica dos nutrientes, quantidade e época adequada para seu fornecimento são informações de grande importância para o equilíbrio nutricional da planta de milho, permitindo a máxima expressão de seu potencial genético para produção (GUTIÉRREZ et al., 2018)

A duração do ciclo do milho pode variar durante o seu desenvolvimento, por influência das condições ambientais (RITCHIE et al., 2003). Nesse caso, o manejo tem papel fundamental para elevar o rendimento de grãos, se baseando nos estádios fenológicos da cultura (FANCELLI, 2015).

Os sistemas de nomenclatura dividem o ciclo de desenvolvimento da planta de milho em estádios fenológicos. Porém, um dos sistemas utilizados é o proposto por Ritchie et al. (2003) (Tabela 1). Nesse sistema de nomenclatura a divisão ocorre por estádios vegetativo e reprodutivo, e as subdivisões dos estádios são representadas pelas letras "V" e "R", respectivamente.

O estágio vegetativo tem início quando ocorre a emergência da planta. Em seguida, se considera o número de folhas completamente expandidas, culminando com o pendoamento, representado por VT. Ressalta-se que o estágio anterior ao pendoamento recebe a denominação Vn, sendo "n" o número total de folhas expandidas (RITCHIE et al., 2003).

Tabela 1. Estádios fenológicos da cultura do milho, conforme Ritchie et al. (2003).

Estádios	Descrição dos estádios
Estádios vegetativo (V)	
VE	Emergência
V1	Primeira folha
V2	Segunda folha
V3	Terceira folha
V6	Sexta folha
V9	Nona folha
V12	Décima segunda folha
V15	Décima quinta folha

V18 ou V(n)	Décima oitava folha ou enésima folha
VT	Pendoamento
Estádios reprodutivos (R)	
R1	Florescimento
R2	Grão leitoso
R3	Grão pastoso
R4	Grão farináceo (formação de dentes)
R5	Grão farináceo-duro
R6	Maturidade fisiológica

Os fatores climáticos temperatura e luminosidade interferem no desenvolvimento do milho. Por ser uma planta C4, o milho não satura com a luz, sendo altamente eficiente no aproveitamento da energia e adubação. Dentre os fatores que mais exercem influência sobre a produção de matéria seca estão: área foliar, teor de clorofila, arquitetura da folha, trocas gasosas, intensidade e qualidade da luz incidente, arranjo espacial de plantas, fertilidade do solo e disponibilidade de água (FANCELLI, 2015).

Andrade et al. (1975) realizaram um dos estudos pioneiros com a cultura no Brasil, utilizando cinco cultivares. As curvas de acúmulo de matéria seca nos trabalhos realizados, aumentam continuamente até a maturidade fisiológica, com crescimento inicial lento, acúmulo intenso no florescimento, seguido de acúmulo dos nutrientes nos grãos, com posteriores reduções no crescimento (BENDER et al., 2013; MARTINS et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Entender o processo de absorção dos nutrientes nos estádios fenológicos do milho permite determinar o potencial de resposta à adubação e aos períodos de maior exigência nutricional (CIAMPITTI & VYN, 2014), quando se considera os dias após a emergência (DAE) ou dias após o plantio (DAP), variações existentes no ambiente e nas características de cada espécie, de modo que as práticas de manejo se tornem mais eficientes resultando em produtividade elevada e maior retorno econômico (RITCHIE et al., 2003).

A planta de milho requer um manejo nutricional adequado à sua exigência, além de condições favoráveis de cultivo que envolvem clima, solo, época adequada de plantio e planejamento pelo produtor, embasando-se em recomendações técnicas obtidas por meio de pesquisas, auxiliando na escolha do cultivar, manejo cultural e adubação (CECCON, 2013).

A exportação de nutrientes pelos grãos tem grande importância para o planejamento das adubações das safras seguintes. Duarte et al. (2019) analisaram os teores de macro e micronutrientes contidos nos grãos de milho de diferentes regiões, com o objetivo de atualizar os valores de referência da remoção de nutrientes, como base para as recomendações de adubações, determinando se haveria correlação entre o conteúdo de nutrientes e a produtividade e a densidade de grãos. Foi observado que os conteúdos de N e S nos grãos diminuíram com o aumento do rendimento e do peso de sementes, e que os valores de referência atualmente usados estão superestimando a remoção dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e Zn e, subestimam Cu e B (FERREIRA, 2021).

Mesmo com os avanços existentes em pesquisa sobre fertilidade do solo e nutrição vegetal, ainda existe uma necessidade de informações sobre a cultura do milho, no que se refere à absorção de micronutrientes, pois a maior parte dos trabalhos enfatizam os macronutrientes, que são requeridos em maiores quantidades pelas culturas (GUTIERREZ et al., 2018).

As taxas de extração e exportação de micronutrientes para genótipos de milho variam substancialmente devido à variabilidade genética, o que proporciona comportamento distinto entre cultivares (FERREIRA, 2009). Os padrões de exportação de nutrientes estão diretamente relacionados com a produtividade (BENDER et al., 2013), que ainda depende dos níveis de disponibilidade destes nutrientes no solo sob diferentes ambientes de campo (PADILHA et al., 2015). Nos Estados Unidos, considerando a média de seis cultivares de milho e dois locais, Bender et al. (2013) observaram extração de 100; 1.400; 500 e 500 g ha⁻¹ de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Em um ensaio realizado por Resende et al. (2016) em Sete Lagoas (Minas Gerais, Brasil), com híbridos de milho em situações de alto e médio investimento em adubação, a demanda nutricional média identificada correspondeu aos seguintes indicadores: para a extração de macronutrientes - 28,4; 6,3; 18,0; 5,0; 3,8; e 2,0 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S, respectivamente; para a extração de micronutrientes - 9, 220, 63, e 45 g de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. Nesse mesmo estudo, a exportação nos grãos de macronutrientes foi de: 14,3; 4,2; 3,7; 0,03; 0,8; e 0,9 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S; e a de micronutrientes foi de: 2, 11, 4, e 16 g de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (RESENDE et al., 2016). Os

percentuais de extração nesse mesmo ensaio nos grãos de milho foram: N= 50%, P= 67%, K= 21%, Ca= 0,7%, Mg= 21%, S= 45%, Cu= 22%, Fe= 5%, Zn= 36%, Mn= 36% (RESENDE et al., 2016).

Desse modo são necessárias pesquisas que estudem cultivares modernas, identificando as quantidades extraídas e exportadas de macro e micronutrientes, como foram de gerar respostas para manutenção da capacidade produtiva das plantas ao longo do tempo.

2.2 A cultura da braquiária e a absorção de nutrientes

No Brasil, o gênero *Urochloa* tem sido considerado como um instrumento de inclusão do cerrado no processo produtivo. Essa gramínea permite o cultivo em solos de baixa fertilidade, que por seu pH ácido se apresentavam como restritos ao desenvolvimento nutricional das culturas. Dessa forma, estas forrageiras têm se tornando uma das mais conhecidas e que melhor se adaptaram às condições do bioma Cerrado (COSTA et al., 2006).

Das terras agrícolas brasileiras, 159,5 milhões de hectares foram ocupados por pastagens, dos quais 100,1 milhões de hectares são pastagens cultivadas (IBGE, 2017). Dentre essas pastagens cultivadas, a *Urochloa brizantha*, popularmente conhecida como braquiária, é a mais utilizada para a alimentação de bovinos de corte e leite no país (SOUZA et al., 2022). Vale ressaltar, que essa gramínea é do tipo C4, que é favorecida em ambientes com luminosidade e não sofre tanto com temperaturas elevadas e baixa umidade.

Na agricultura atual, as várias espécies desse gênero são reconhecidas pelo destaque no avanço da pecuária brasileira, rompendo barreiras de adaptação e batendo recordes de produção, permitindo ganhos expressivos na taxa de lotação, no desempenho e na produtividade animal.

Para o adequado manejo da pastagem, é necessário considerar quais doses de fertilizantes serão fornecidas aos solos e qual sistema de pastejo será utilizado, permitindo o controle da capacidade de suporte (unidade animal por área - UA ha⁻¹), alcançando um sistema sustentável de exploração animal (COSTA et al., 2006). Muitas vezes, não têm sido considerados os fatores determinantes para uma alta produção animal, como a recomendação da dose de fertilizante adequada, visto que o manejo da pastagem tem influência marcante na produção de massa seca (COSTA et al., 2006).

Dentre as cultivares mais utilizadas de forrageiras da espécie *Urochloa brizantha*, destaca-se a Marandu, que possui expressividade nas áreas de pastagens cultivadas, tornando-se uma das plantas forrageiras mais detalhadamente estudadas pela pesquisa (SILVA, 2004).

Em estudo realizado com forrageiras, Costa et al. (2015) verificaram que o aumento no acúmulo de matéria seca acompanhou o aumento no acúmulo de nutrientes, resultando em aumento nos teores de N, P, K, Ca e Mg na biomassa seca, desse modo se apresentando como uma opção vantajosa quando o intuito do produtor for ciclagem de nutrientes para a safra seguinte.

Desse modo, são necessários estudos que forneçam informações sobre a dinâmica de nutrientes para a espécie *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com o intuito de unir o conhecimento técnico-científico e à recomendação de adubação para as pastagens.

2.3 Características da integração lavoura-pecuária

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) consiste na condução de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne ou leite, implantados na mesma área, em consórcio, em rotação ou em sucessão. Esse sistema se apresenta como uma excelente alternativa para a recuperação de áreas degradadas, por meio da intensificação do uso da terra, por potencializar os efeitos sinérgicos existentes entre as diversas espécies vegetais, proporcionando, de forma sustentável, maior produção por área (ZONTA et al., 2016). Esse sistema otimiza o uso do solo, com a produção de grãos em áreas de pastagens, e melhora a produtividade das pastagens em decorrência de sua renovação, pelo aproveitamento da adubação residual da lavoura, possibilitando maior ciclagem de nutrientes e o incremento da matéria orgânica do solo (ZONTA et al., 2016).

Dentre os objetivos desse sistema, podem ser destacados: diversificar as culturas, melhorar a física, química e biologia do solo, recuperar a fertilidade do solo com a lavoura em áreas de pastagens degradadas, melhorar a eficiência de utilização de fertilizantes e corretivos, produzir forragem para alimentação animal e cobertura do solo (SOARES et al., 2018). Com os grãos obtém-se a receita necessária para se pagarem os gastos com a recuperação da capacidade produtiva de uma pastagem degradada, além de o sistema ILP proporcionar a

formação de palha em quantidade e qualidade, um dos entraves para a introdução do Sistema Plantio Direto (SPD).

O sistema ILP viabiliza a rotação de culturas, condição essencial para o sucesso do SPD, contribuindo para a redução dos custos de produção e dos riscos, melhor aproveitamento da água e do solo, sustentabilidade econômica e ambiental do sistema produtivo. O sistema permite também aproveitar a área para pastejo durante o período/estação seco, pois o produtor disporá de boa pastagem para alimentar os animais. Durante o período chuvoso a pastagem formada inicia a rebrota e aumenta o acúmulo de biomassa vegetal (ZONTA et al., 2016).

A pecuária brasileira caracteriza-se pela grande dependência de pastagens extensivas, pois a forragem é o alimento principal para os animais (SOARES et al., 2018). Dessa forma, a recuperação das pastagens é fundamental para a sustentabilidade da pecuária e pode ser feita de forma direta ou por meio de integração com lavoura de grãos.

Para o adequado funcionamento do ILP são necessárias algumas medidas a serem adotadas pelo produtor, que são: correção da acidez e da fertilidade do solo, uso do sistema de plantio direto para manter o solo bem estruturado, rotação de culturas, manejo adequado na altura de corte e na capacidade de suporte da pastagem, e uso de animais e vegetais com potencial genético elevado (SOARES et al., 2018).

2.4 Fenologia das culturas associada ao acúmulo de graus-dia

A definição de graus-dia parte do princípio de que o desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionado com o meio em cada fase fenológica e é controlado a partir da soma térmica diária necessária para cada estágio (RENATO et al., 2013). Os valores de soma térmica são diferentes entre as espécies e as variedades de planta, e também diferem para os métodos de cálculo para esta soma térmica (Arnold, 1959; Ometto, 1981; Snyder, 1985; Dufault, 1997).

De acordo com Ometto (1981), existe uma temperatura mínima para iniciar os dispositivos metabólicos da planta, que é denominada de temperatura basal inferior (T_b). Somente acima desta temperatura a planta pode se desenvolver; o vegetal também possui uma temperatura basal superior (TB), acima da qual há uma pausa em suas atividades metabólicas, prejudicando seu desenvolvimento.

Os valores de temperatura basal superior e inferior variam entre as culturas e as espécies. Para a cultura do milho (*Zea mays*), a temperatura basal superior é de 35°C e temperatura basal inferior é de 10°C (RENATO et al., 2013). Já para a cultura da braquiária os trabalhos mais recentes atribuíram como temperatura basal superior 30°C e temperatura basal inferior 10,3°C (SOUZA et al., 2022).

É necessário e de grande importância estudos com o acúmulo de graus-dias em gramíneas, pois é consolidado na literatura que mudanças climáticas, em especial na temperatura do ar podem acelerar ou retardar o ciclo de desenvolvimento de uma cultura (RENATO et al., 2013). Esse método também auxilia na estimativa da produtividade pelos modelos de crescimento de plantas em cenários de mudanças climáticas.

Em um estudo realizado com a cultura do milho, Renato et al. (2013) recomendam a utilização da metodologia proposta por Ometto (1981), como a mais adequada para condições climáticas com aumento na temperatura do ar. Souza et al. (2022) em ensaio com braquiária verificou que a mesma não tolera baixas temperaturas e que o acúmulo de graus-dia permite entender os processos envolvidos no crescimento das culturas, aliado a riscos climáticos e de manejo, facilitando práticas agrícolas que serão utilizadas na agricultura, permitindo elevar a produção e gerar pastagem de alto valor nutricional, feno, silagem e até bioenergia.

2.5 Impacto da adoção do consórcio de milho+braquiária no solo

O solo é a base da agricultura e pecuária em todo o mundo e sem ele não existe produção de nenhum tipo. O consórcio milho+braquiária é uma tecnologia que compõe a ILP, otimizando o uso do solo, com a produção de grãos em áreas de pastagem, melhorando a produtividade do pasto em decorrência da sua renovação, pelo aproveitamento da adubação residual da cultura do milho, permitindo uma eficiente ciclagem de nutrientes e um incremento em matéria orgânica do solo (ZONTA et al, 2016).

O diagnóstico da fertilidade do solo e da disponibilidade de nutrientes para as plantas permite otimizar as doses de fertilizantes recomendados e aplicados com o intuito de elevar a produtividade e o retorno econômico para os agricultores, da mesma forma que permite prevenir a aplicação de doses excessivas que podem

causar impactos ambientais indesejados e custos desnecessários ao produtor (CANTARELLA et al., 2022).

Em sistema de consórcio, o crescimento radicular das pastagens, quando ocorre em um solo bem estruturado, permite a formação de palhada sobre a superfície do solo, melhorando características físicas e químicas, porosidade, aeração e infiltração de água, fornecendo carbono aos organismos do solo, se consolidando como um sistema sustentável e produtivo para a agricultura moderna (ZONTA et al., 2016).

Sabe-se que a produção de grãos ocasiona elevado tráfego de máquinas e se concentra em meses com alta precipitação e reduzida janela de trabalho, ocasionada pela frequência de dias chuvosos (EMBRAPA, 2017). O tráfego em dias após as chuvas, onde a umidade do solo está próxima ao limite de plasticidade, influencia na compactação, uma vez que a água reduz a coesão e atua como lubrificante entre as partículas de solo, ocorrendo o deslizamento e o empacotamento quando este é submetido a pressão (LUCIANO et al., 2012).

Esses fatores em conjunto de uso e ocupação do solo podem gerar limitações ao crescimento das plantas, principalmente quando o pisoteio ocorre com teor de água favorável à compactação (COLLARES et al., 2011). Logo, o uso de plantas com crescimento radicular vigoroso, que permita a estruturação dos solos a longo prazo, tem se apresentado com uma opção eficiente para minimizar os danos causados pelos fatores citados acima, sendo que o consórcio milho+braquiária se apresenta como uma alternativa favorável na conservação do solo.

REFERÊNCIAS

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

ALMEIDA, R. E. M. DE, OLIVEIRA, S. M., LAGO, B. C., PIEROZAN JÚNIOR, C., TRIVELIN, P. C. O., FAVARIN, J. L., CAMPOS, L. J. M., COSTA, R. V. DA. Destino do fertilizante nitrogenado no consórcio de milho com braquiária. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pesca e Aquicultura**, ISSN 2318-1400, v. 1, p. 8, Palmas, Tocantins, 2019.

ANDRADE, A. G., HAAG, H. P., OLIVEIRA, G. D., SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) II. Acumulação de micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, 32, 151-171. 1975.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected corn hybrids. **Agronomy Journal**, v.105, n.1, p.161-170, 2013.

CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., MATTOS, D. JR., BOARETO, R. M., M. C. RAIJ, B. V. Boletim 100: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. *IAC Campinas*, 26, 10-12, 2022.

CECCON, G., STAUT, L. A., SAGRILO, E., MACHADO, L. A. Z., NUNES, D. P., ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013.

CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agropecuária Oeste. 1ª Edição, ISBN 978-85-7035-274-3. 2013.

CIAMPITTI, I. A., VYN, T. J. Understanding Global and Historical Nutrient Use Efficiencies for Closing Corn Yield Gaps. *Agronomy Journal*, 106, 1-11, 2014.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura: pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.246-250, 2011.

CONAB. **Companhia Nacional do Abastecimento**. Boletim da safra de grãos: Nono levantamento, julho 2022 – safra 2021/2022. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

COSTA, N. R., ANDREOTTI, M., ULIAN, N. D. A., COSTA, B. S., PARIZ, C. M., TEIXEIRA, F. Nutrients accumulation and straw decomposition time of forage species in function of sowing times. **Bioscience Journal**, 31(3), 818-829. 2015.

COSTA, N. R., ANDREOTTI, M., GAMEIRO, R. de A., PARIZ, C. M., BUZETTI, S., LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

COSTA, K. D. P., DE OLIVEIRA, I. P., FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado**. 2006.

DUARTE, A.P.; ABREU, M. F.; FRANCISCO, E. A. B.; GITTI, D. C.; BARTH, G.; KAPPES, C. Reference Values of Grain Nutrient Content and Removal for Corn. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 43, e0180102, 2019.

DUFAULT, R. J. Determining heat unit requirements for broccoli in coastal South. **Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.122, n.2, p.169-174, 1997

EMBRAPA. **Estação Agrometeorológica da Embrapa Suínos e Aves**. 2017. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/meteor/>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. In: Milho. Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba/SP, n. 13, p. 24-29, 2015.

FAGERIA, N.; BALIGAR, V.; BAILEY, B. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 19-20, p. 2733-2757, 2005.

FERREIRA, A. C. M. Absorção, particionamento de nutrientes e crescimento do milho por estágio fenológico. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Piauí, 54 p., 2021.

FERREIRA, C. F. **Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes níveis tecnológicos** (p. 114, Dissertação, Mestrado em Ciências do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba). 2009.

GUTIÉRREZ, A. M., DE RESENDE, Á. V., SILVA, K., MARTINS, D. C., SIMÃO, E. D. P., MOREIRA, S. G., FERREIRA, J. D. C. **Uptake and exportation of micronutrients by transgenic cultivars of corn under no-tillage in the Brazilian Cerrado**. 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Agro 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18/05/2023.

LORIN, M., JEUFFROY, M. H., BUTIER, A., VALANTIN-MORISON, M. Undersowing winter oilseed rape with frost-sensitive legume living mulch: consequences for cash crop nitrogen nutrition. **Field Crops Research**, v. 193, n. 1, p. 24-33, 2016.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLING, M. T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, p.1733-1744, 2012.

MARTINS, K. V.; DOURADO-NETO, D.; REICHARDT, K.; FAVARIN, J. L.; SARTORI, F. F.; FELISBERTO, G.; MELLO, S. C. Corn dry matter production and macronutrient extraction model as a new approach for fertilizer rate estimation. **Anais da academia brasileira de ciências**, v. 81, p. 705-716, 2017.

OLIVEIRA, S. M. D., ALMEIDA, R. E. M. D., PIEROZAN, C. J., REIS, A. F. D. B., SOUZA, L. F. N., FAVARIN, J. L. Contribution of corn intercropped with *Brachiaria* species to nutrient cycling. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

PADILHA, F. A., RESENDE, A. V., MOREIRA, S. G., GUIMARÃES, L. J. M., GUIMARÃES, P. E. O., OLIVEIRA, A. C. Produtividade de híbridos de milho sob dois níveis de tecnologia na região central de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 14, 207-218, 2015.

PRADO, R. DE M., 2020. *Nutrição de Plantas*. São Paulo, **Editora Unesp**, 414 p, 2020.

RITCHIE, S. V.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Potafós: Informações Agronômicas**, n.103, Arquivo do agrônomo, n.15, 2003.

RENATO, N. S.; SILVA, J. B. L.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, E. G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 382-388, 2013.

RESENDE, A. V., Silva, C. G. M., Gutiérrez, A. M., SIMÃO, E. D. P., Guimarães, L. J. M., Moreira, S. G., & Borghi, E. Indicadores de demanda de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho. **Embrapa Milho e Sorgo**. Circular Técnica, 220, 2016.

SILVA, C. G. M.; RESENDE, A. V.; GUTIÉRREZ, A. M.; MOREIRA, S. G.; BORGHI, E.; ALMEIDA, G. O. Macronutrient uptake and export in transgenic corn under two levels of fertilization. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 53, n. 12, p. 1363-1372, 2018.

SNYDER, R. L. Hand calculating degree days. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 35, n. 1-4, p.353-358, 1985.

SOARES, M. S., AGUILAR, P. B., OLIVEIRA, F. M., SILVA, L. G., CRUZ, W. F. G. Produção de bovinos de corte e leite em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Acadêmica Ciencia Animal**, v. 16, p. 1-13, 2018.

SOUZA, D. P DE, MENDONÇA, F. C., BOSI, C., PEZZOPANE, J. R. M., SANTOS, P. M. APSIM-Tropical Pasture model parameterization for simulating Marandu palisade grass growth and soil water in irrigated and rainfed cut-and-carry systems. **Grass Forage**, v. 77, p. 216–231, 2022.

ZHANG, F., LI, L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 248, n. 1-2, p. 305-312, 2003.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; SILVA, O. R. R. F.; RAMOS, E. N.; BARBOSA, H. F.; CORDEIRO JUNIOR, A. F.; LIRA, A. J. S. **Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) para a Região Agreste do Nordeste**. Embrapa Algodão. Documentos, 266, 26 p. 2016.

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MILHO COM BRAQUIÁRIA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO LESTE MARANHENSE

RESUMO

O consórcio de milho com braquiária é uma tecnologia consolidada no Brasil. Conhecer a dinâmica de crescimento dessas culturas é importante para identificar o melhor manejo e compreender como uma cultura influencia no desenvolvimento da outra. Assim objetivou-se com o estudo avaliar os parâmetros de crescimento de milho e braquiária em cultivos consorciados. Foram realizados dois ensaios: (i) comparação de milho consorciado x milho solteiro e (ii) comparação de braquiária consorciada x braquiária solteira. Ambos os ensaios foram conduzidos em campo, na Fazenda Barbosa (Brejo, Maranhão), em delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, sendo as parcelas os cultivos e as subparcelas os tempos de coleta, com 4 repetições. No ensaio com milho foram realizadas 8 coletas nos estádios V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 e R6 com acúmulo de graus-dia (GD) de 432, 820, 1202, 1490, 1766, 2061, 2343, 2665, 2981, respectivamente. No estágio R6 foram coletados grãos de milho para avaliar o rendimento. A cada coleta de milho, foram avaliados: altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, área foliar e índice de área foliar (IAF). O ensaio com a braquiária foi conduzido em 13 tempos de coletas, com base nos dias após a emergência (DAE): 11, 25, 37, 50, 64, 78, 92, 106, 124, 159, 192, 221 e 278, correspondentes ao acúmulo de graus-dia de 559, 807, 1031, 1277, 1541, 1789, 2067, 2329, 2672, 3273, 3859, 4402 e 5500 GD, respectivamente. Nesse ensaio foram avaliadas: altura do dossel (cm), número de perfilhos, densidade populacional de perfilhos, folhas vivas por perfilho, relação folha:colmo, área foliar (cm²) e IAF. Especificamente para o ensaio de braquiária, as plantas foram avaliadas em dois períodos: até a colheita dos grãos e após o consórcio com o milho. Foi realizada a ANOVA e, em função da significância, procedido teste 't' para o fator consórcio e análise de regressão para os tempos de coleta. As variáveis biométricas analisadas no milho não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos de plantio consorciado e plantio solteiro. Por outro lado, foram observadas alterações significativas nas variáveis de crescimento da braquiária durante os dois períodos de cultivo: do 11^o ao 106^o DAE e do 106^o ao 278^o DAE. Em comparação com a braquiária em plantio solteiro, a braquiária em plantio consorciado apresentou menor perfilhamento (densidade populacional de perfilhos, folhas vivas por perfilhos e número de perfilhos) e menor expansão foliar (área foliar e índice de área foliar), indicando influência do consórcio com o milho no desenvolvimento da cultura. Os estudos sobre a dinâmica de crescimento em cultivos consorciados são fundamentais para identificar o melhor manejo e maximizar a produtividade e sustentabilidade da produção agrícola.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. Forrageiras.

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF THE CORN AND BRACHIARIA INTERCROPPING IN A CROP AND LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM IN EASTERN MARANHENSE

ABSTRACT

Intercropping corn with Brachiaria is a consolidated technology in Brazil. Knowing the growth dynamics of these cultures is important to identify the best management and to understand how one culture influences the development of the other. Thus, the objective of the study was to evaluate the growth parameters of intercropped crops. Two trials were carried out: a (i) comparison of intercropped maize x single maize and a (ii) comparison of intercropped brachiaria x single brachiaria. Both trials were conducted in the field at Barbosa Farm (Brejo, Maranhão), in a randomized block design in split plots, with the plots being the crops and the subplots being the sampling times, with 4 replications. The trial with maize presented 8 samplings at stages V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 and R6 with accumulation of degree-days (DD) of 432, 820, 1202, 1490, 1766, 2061, 2343, 2665, 2981, respectively. In stage R6 maize grains were collected to evaluate the yield. At each maize collection, plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, and leaf area index (LAI) were evaluated. The brachiaria trial was conducted over 13 sampling times, based on the days after emergence: 11, 25, 37, 50, 64, 78, 92, 106, 124, 159, 192, 221 and 278, with an accumulation of degree days of 559, 807, 1031, 1277, 1541, 1789, 2067, 2329, 2672, 3273, 3859, 4402 and 5500, respectively. In this trial, the following parameters were evaluated: canopy height (cm), number of tillers, tiller population density, live leaves per tiller, leaf:stem ratio, leaf area (cm²), and LAI. Specifically, for the brachiaria trial, the plants were evaluated in two periods: until the grain harvest and after intercropping with maize. ANOVA was performed, and depending on the significance, the 't' test was applied for the intercropping factor and regression analysis for collection times. The biometric variables analyzed in maize did not show significant differences between intercropping and single crop treatments. On the other hand, significant changes were observed in the brachiaria growth variables during the two cultivation periods: from the 11th to the 106th DAE and from the 106th to the 278th DAE. Compared to Brachiaria in single crop, intercropped Brachiaria showed lower tillering (population density of tillers, live leaves per tiller, and number of tillers) and lower leaf expansion (leaf area and leaf area index), indicating the influence of intercropping with maize on crop development. Studies on the dynamics of growth in intercropping are essential to identifying the best management and to maximize the productivity and sustainability of agricultural production.

Keywords: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. Forages.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental, na camada de 0-20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.....	35
Tabela 2. Acúmulo de graus-dia durante o ciclo do milho solteiro e consorciado. Brejo, Maranhão, 2022.....	41
Tabela 3. Acúmulo de graus-dia durante o ciclo da braquiária solteira e consorciada. Brejo, Maranhão, 2022.....	42
Tabela 4. Análise de variância em plantas de milho em cultivo consorciado e solteiro para as variáveis biométricas. Brejo, Maranhão, 2022.....	43
Tabela 5. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para altura, diâmetro, número de folhas, área foliar e índice de área foliar (IAF), ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R^2) no milho consorciado e solteiro durante seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....	44
Tabela 6. Análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para as variáveis biométricas. Brejo, Maranhão, 2022.....	49
Tabela 7. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária consorciada e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....	49
Tabela 8. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para altura do dossel (cm), densidade populacional de perfilhos (DPP), folhas vivas por perfilho, número de perfilhos, área foliar e índice de área foliar (IAF), ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R^2) no milho, ao longo do seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022.....	53
Tabela 9. Análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para as variáveis biométricas. Brejo, Maranhão, 2022.....	54
Tabela 10. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....	55
Tabela 11. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para Folhas vivas por perfilho, área foliar e índice de área foliar (IAF), ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R^2) no milho, ao longo seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022.....	57

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação do local de realização do ensaio experimental, Brejo, Maranhão, 2022.....33
- Figura 2.** Variação dos parâmetros climáticos, temperatura mínima, máxima e média do ar e precipitação diária durante o período experimental com início em fevereiro/2022 e fim em novembro/2022, obtidos em estação meteorológica instalada na Fazenda Barbosa, Brejo, Maranhão.....34
- Figura 3.** Croqui experimental dos ensaios realizados: (i) milho + braquiária, milho solteiro, (ii) milho + braquiária, braquiária solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....36
- Figura 4.** Ciclo de integração lavoura-pecuária avaliada. Brejo, Maranhão, 2022.....37
- Figura 5.** Altura de plantas (a), diâmetro do colmo (b), número de folhas (c), área foliar (d), índice de área foliar (IAF) (e) de plantas milho consórcio e solteiro, em função do acúmulo de graus-dia ao longo ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.....45
- Figura 6.** Avaliação da produtividade de grãos de milho em cultivo consorciado e solteiro rendimento de grãos (a), peso da espiga (b), peso de mil grãos (c), altura de inserção da espiga (d), altura de plantas (e). Brejo, Maranhão, 2022.....47
- Figura 7.** Altura do dossel (a), densidade populacional de perfilhos (b), folhas vivas por perfilhos (c), número de perfilhos (d), área foliar (e) e índice de área foliar (IAF) (f) em plantas de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.....52
- Figura 8.** Folhas vivas por perfilhos (a), área foliar (b) e índice de área foliar (IAF) (c) em plantas de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.....56

1 INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) agrega a condução simultânea de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, implantados na mesma área, em consórcio, em rotação ou em sucessão (ZONTA et al., 2016). Segundo ainda estes autores, esse modelo se mostra promissor para a recuperação de áreas degradadas por meio da intensificação do uso da terra, otimizando a sinergia entre diversas espécies vegetais e proporcionando, de forma sustentável, maior produção por área (ZONTA et al., 2016).

No entanto, com a intensificação do uso da terra para o plantio de lavouras em monocultivo em todo o país, faz-se necessário a utilização de sistemas que conservem o solo. Dessa forma, a ILP surge como uma alternativa viável, já que o cultivo de grãos, como milho e soja, permite a manutenção dos custos com a pastagem, gerando renda enquanto a pastagem protege a terra e, posteriormente, pode ser destinada à alimentação animal.

O milho é recomendado para sistemas de ILP devido à sua tradição de cultivo, versatilidade na propriedade rural e adaptação quando cultivado em consórcio (ZONTA et al., 2016). Contudo, é importante compreender que o ciclo de desenvolvimento é variável, influenciado pelo genótipo e pelas condições ambientais, sendo a temperatura o fator principal, pois sua fenologia é determinada pelo número de horas de calor diário recebido pelas plantas, expresso em graus-dias.

Em sistemas consorciados de milho com braquiária, a interação entre as espécies pode afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das culturas, levando a danos econômicos e, em alguns casos, inviabilizando o sistema (COSTA et al., 2012). No entanto, conhecer essa interação possibilita ao produtor tomar decisões e escolher práticas de manejo adequadas, obtendo sucesso nos sistemas consorciados.

Nesse contexto, é necessário avaliar os parâmetros de crescimento do milho e da braquiária para conduzir os sistemas consorciados de forma adequada, conforme ressaltado por Makino et al. (2019). A avaliação da produção de massa seca e de grãos pode auxiliar na escolha do melhor arranjo populacional de plantas em sistemas de cultivo, como no consórcio milho+braquiária. No entanto, ainda são necessários estudos que evidenciem os possíveis comprometimentos no crescimento da braquiária e no rendimento de grãos do milho em cultivos consorciados.

Diante do exposto, objetivou-se com o estudo verificar o crescimento e a produtividade de milho e braquiária em cultivos consorciados e solteiros nas condições edafoclimáticas do leste maranhense.

2 METODOLOGIA

2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento de campo foi realizado na Fazenda Barbosa, localizada no município de Brejo, Maranhão, Brasil ($03^{\circ}42'44''$ S; $42^{\circ}55'44''$ W), altitude 104 m (INMET, 2022). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo distrocesoso, textura franco-arenosa, e o bioma da região é do tipo Cerrado (Dantas et al., 2014, RESENDE et al., 2014). O clima da região é do tipo Aw' segundo a classificação de Köppen & Gerger, caracterizado por ser tropical com duas estações do ano bem definidas: a estação chuvosa de dezembro a junho e a estação seca de julho a novembro. A precipitação pluvial média anual é de 1.835 mm e a temperatura média anual é superior a $27,2^{\circ}\text{C}$ (PASSOS et al., 2016; SILVA et al., 2020). Na Fazenda, são desenvolvidos diferentes sistemas de manejo envolvendo o cultivo de milho e braquiária solteiros ou em consórcio (Figura 1).

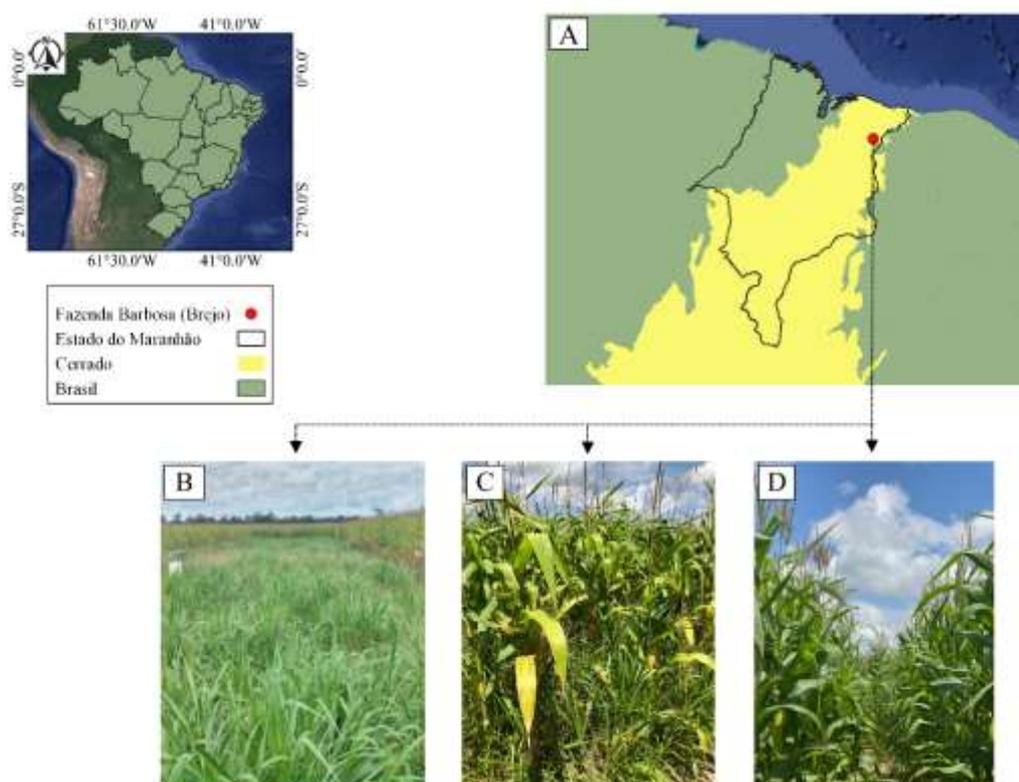


Figura 1. Representação do local de realização do ensaio experimental na Fazenda Barbosa, Brejo, Maranhão, 2022. A – Estado do Maranhão, B – braquiária solteira, C – Milho consorciado com braquiária, D – milho solteiro.

Os dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima, em $^{\circ}\text{C}$) e de precipitação pluvial (mm) foram coletados de uma estação meteorológica instalada dentro da área experimental, ao longo do ciclo de desenvolvimento do milho até o

momento da colheita. Após à colheita dos grãos de milho, os dados foram obtidos a partir da estação meteorológica de Chapadinha, Maranhão (INMET, 2022). A precipitação total no período de fevereiro a novembro de 2022 foi de 1108 mm (Figura 2).

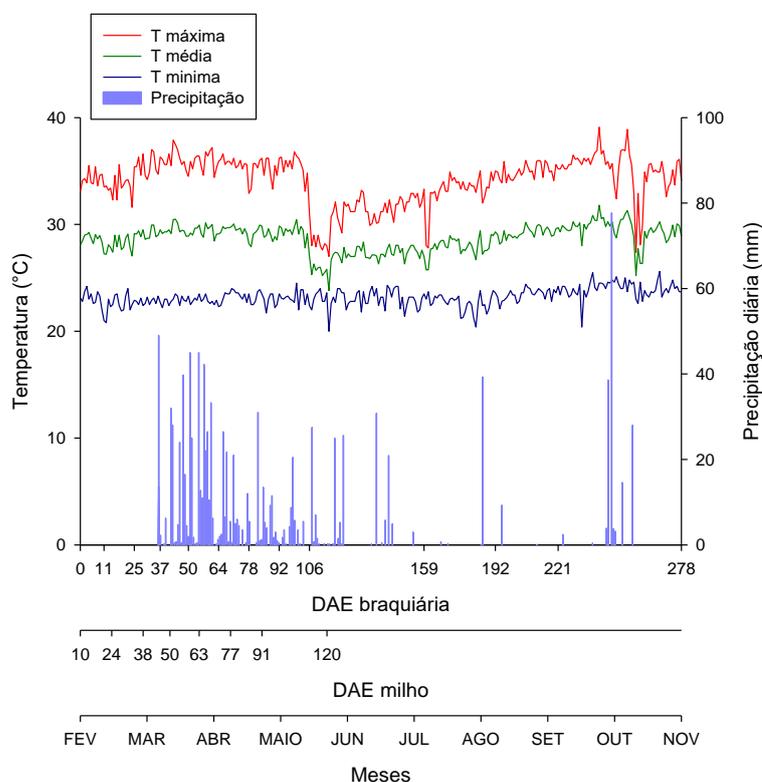


Figura 2. Variação dos parâmetros climáticos, temperatura mínima, máxima e média do ar e precipitação diária durante o período experimental com início em fevereiro/2022 e fim em novembro/2022, obtidos em estação meteorológica instalada na Fazenda Barbosa, Brejo, Maranhão.

2.2 Preparo do solo, plantio e tratos culturais

O experimento foi conduzido em sistema de plantio de sequeiro, com cultivo de milho e braquiária, ambos consorciados e isoladamente (Figura 3). Antes do plantio, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm para a caracterização química da fertilidade do solo na área experimental (Tabela 1), realizada de acordo com Teixeira et al. (2017). O plantio do milho e da braquiária foi realizado em 04 de fevereiro de 2022.

Ambas as culturas foram plantadas simultaneamente, porém o milho foi semeado com maquinário em fileiras espaçadas 0,5 m e plantas espaçadas a 0,25 m na linha, enquanto a braquiária foi plantada a lanço. O híbrido de milho utilizado nos dois sistemas de cultivo (solteiro e consorciado) foi o MS 3845 *status* – P3845VYHR

(Pioneer® sementes), com tecnologia YHR e Leptra® que possui resistência às principais lagartas que atacam a cultura, e tolerância ao uso de herbicidas formulados com glufosinato de amônio e glifosato; em ambos os sistemas de cultivo, foi utilizada a cultivar de braquiária Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu). O stand total de plantas de milho foi aproximadamente 80.000 plantas ha⁻¹, enquanto para a braquiária foram utilizados 6 kg ha⁻¹ de sementes.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental, na camada de 0-20 e 20-40 cm. Brejo, Maranhão, 2022.

Camada	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	m
cm		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----			cmol _c dm ⁻³ -----			%	
0-20	6,00	2,1	17,8	0,05	0,8	0,45	2,73	1,39	4,12	34	2
20-40	5,36	1,47	4,5	0,03	0,2	0,16	3,51	0,50	4,01	12	47
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S- SO ₄ ²⁻	Na	Al	Areia	Silte	Argila
	-----mg dm ⁻³ -----					cmol _c dm ⁻³			%		
0-20	0,09	12	0,39	2,11	0,1	5,4	0,01	0,04	77,17	15,59	7,24
20-40	0,05	203	0,02	0,51	0,1	6,3	0,01	0,44	72,45	19,57	7,98

pH em água; M.O. – Walkey e Black (oxidação via úmida); P; K; Na, Cu, Fe, Mn, Zn – Melich1 ou duplo ácido; Ca, Mg e Al – KCl; B- água quente. H+Al – Acetato de Ca, S – SO₄²⁻. Areia, silte, argila – método da pipeta; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V (%) – saturação de bases; m (%) – saturação por alumínio.

Antes do plantio das culturas houve a aplicação de 1,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (88% PRNT) e 0,5 t ha⁻¹ de gesso, ambos aplicados a lanço em área total. Na adubação de plantio foram utilizados 340 kg ha⁻¹ do formulado 12-30-00 NPK, aplicado diretamente na linha. A primeira adubação de cobertura foi realizada aos 7 DAE com 200 kg ha⁻¹ da fórmula 10-00-30 NPK; a segunda adubação de cobertura foi feita aos 30 DAE com o uso de 200 kg ha⁻¹ da fórmula 10-00-30 NPK. A aplicação desses fertilizantes foi realizada de acordo com as operações padrão de plantio e manejo de fertilizantes da Fazenda Barbosa.

Para o controle de doenças e pragas foram utilizados nos tratamentos com milho uma calda composta por fungicida Cercobin® (1kg ha⁻¹), inseticida (300 ml ha⁻¹), Exclusive (adubo foliar), 200 ml ha⁻¹ do óleo mineral Iharol e redutor de pH TA35 25 ml ha⁻¹. Foi realizada uma aplicação aérea com: Piori extra 300 ml ha⁻¹, Procliam 200 g ha⁻¹, Nomolt 250 ml ha⁻¹, Engeo Pleno 250 ml ha⁻¹, Iharol 200ml ha⁻¹ e 50 ml ha⁻¹ redutor de pH TA50.

Nos tratamentos com braquiária consorciada e solteira, aos 15 dias após a semeadura foi feita a aplicação do herbicida nicosulfuron Nortox® (200 ml ha⁻¹),

atrazina FACERO® SC (3L ha⁻¹) e 50 ml ha⁻¹ de redutor de pH TA35; na segunda aplicação na braquiária foram utilizados Proclaim® 200ml ha⁻¹, Nomolt 250 ml ha⁻¹, Perito 200ml ha⁻¹, Piriori 300 ml, 200 ml ha⁻¹ do óleo mineral Iharol e 50 ml ha⁻¹ do redutor de pH TA50, com o intuito de suprimir o crescimento da forrageira para que a mesma não impedisse a produtividade do milho e não houvesse grande competição interespecífica.

2.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foram realizados dois ensaios, ambos com delineamento experimental em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas (medidas repetidas no tempo) sendo: (i) para o primeiro ensaio, as parcelas foram compostas pelo milho consorciado com braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e o milho solteiro, e as subparcelas foram compostas por oito tempos de coleta das plantas: V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 e R6, conforme Ritchie et al. (2003).

Considerando a fenologia do milho, em R6 foram coletados os grãos onde foram avaliados os parâmetros de rendimento da cultura; (ii) para o segundo ensaio, as parcelas foram a braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) consorciada com o milho e a braquiária solteira, sendo as subparcelas 13 tempos de coleta, sendo oito similares à cultura do milho: V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4, R6 e outras quatro, após a colheita do milho, considerando os meses posteriores (agosto, setembro, outubro e novembro); as oito coletas iniciais das plantas de braquiária foram realizadas no mesmo dia que as coletas das plantas de milho. Para os ensaios foram empregados quatro blocos, conforme ilustrado na Figura 3.

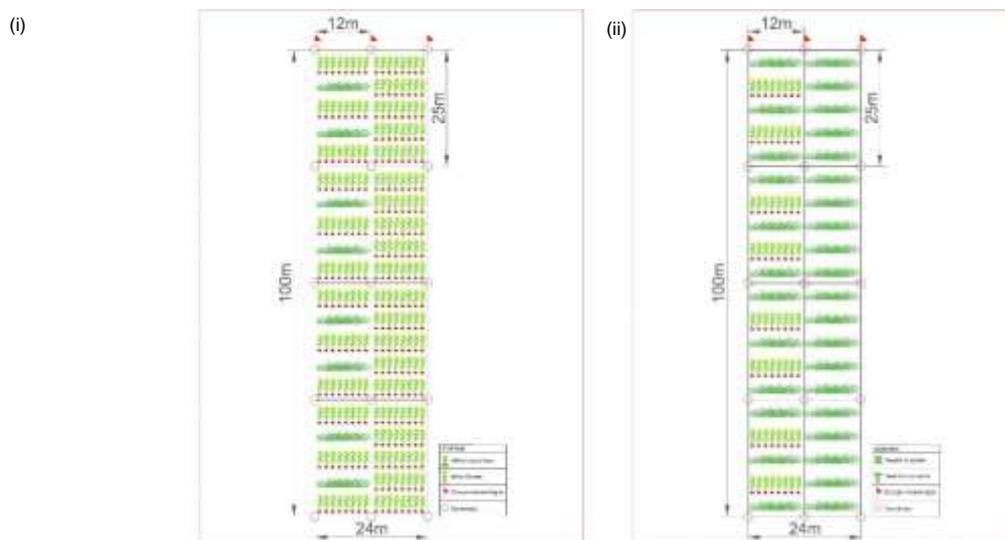


Figura 3. Croqui experimental dos ensaios realizados: (i) milho + braquiária, milho solteiro, (ii) milho + braquiária, braquiária solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Após à colheita do milho, as coletas da braquiária em ambos os sistemas (consorciado e solteiro) continuaram, ocorrendo no período de junho a novembro. Nesse intervalo de tempo, a braquiária foi pastejada por bovinos entre julho e agosto (Figura 4). Na propriedade, ocorre rotação de piquetes, em que os animais ficam por vinte e oito dias em cada um, até a pastagem ser consumida, sendo então remanejados para outro piquete. Após a saída dos animais houve rebrota da gramínea forrageira, a qual foi utilizada como cobertura do solo.

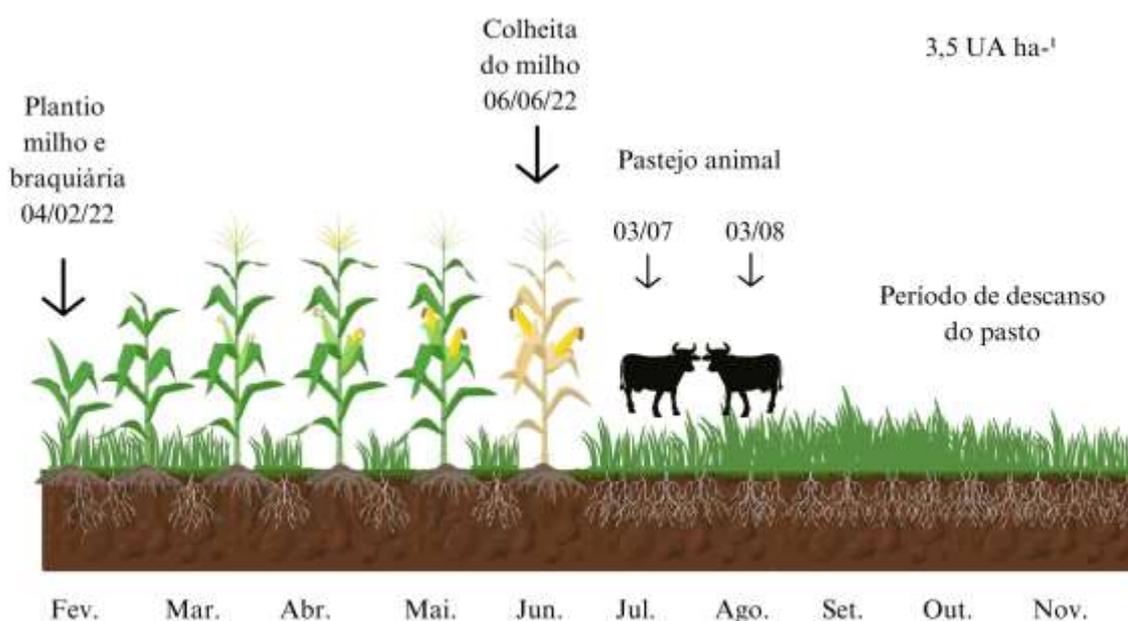


Figura 4. Ciclo de integração lavoura-pecuária avaliada. Brejo, Maranhão, 2022.

2.4 Variáveis respostas

Foi calculado o acúmulo de graus-dia, para os dias após a emergência do milho e da braquiária. As avaliações foram realizadas utilizando o método proposto por Ometto (1981). O acúmulo de graus-dia (°C) durante o ciclo das culturas foi calculado com base nos dados de temperatura máxima e mínima, coletados no período da emergência até a colheita, conforme metodologia de Renato et al. (2013). Esses dados de temperatura foram coletados na estação meteorológica instalada na área experimental.

Para o milho, o acúmulo de graus-dia foi calculado entre 0 e 105 DAE (dias após a emergência); para a braquiária, o acúmulo foi do período entre 0 e 278 DAE. Essa

metodologia considera a temperatura basal inferior (Tb) e a temperatura basal superior (TB), como indicado por Renato et al. (2013), ao avaliarem diferentes técnicas para o cálculo de graus-dia em condições de temperaturas elevadas. O valor da temperatura basal inferior (Tb) adotada para o milho foi de 10°C, e a temperatura basal superior (TB) foi 35 °C (RENATO et al., 2013). Para a braquiária, a Tb foi de 10,3°C, e a TB foi 30°C (Souza et al., 2022).

Na metodologia, a soma térmica apresenta cinco condicionantes, cada qual com uma determinada equação (Equações 1 a 5) para cálculo de GD; no caso deste trabalho, para o milho e a braquiária, as equações 1 e 4 se ajustaram às condições climáticas do experimento.

$$(1) TB > TM > Tm > Tb \quad GD = \frac{TM - Tm}{2} + TM - Tb$$

$$(2) TB > TM > Tb > Tm \quad GD = \frac{(TM - Tb)^2}{2(TM - Tm)}$$

$$(3) TB > Tb > TM > Tm \quad GD = 0$$

$$(4) TM > TB > Tm > Tb \quad GD = \frac{2(TM - Tm) + (Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)}{2(TM - Tm)}$$

$$(5) TM > TB > Tb > Tm \quad GD = \frac{1}{2} \frac{(TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2}{TM - Tm}$$

Onde:

GD: graus-dia;

TB: temperatura basal superior (milho = 35°C, braquiária = 30°C);

Tb: temperatura basal inferior (milho = 10°C, braquiária = 10,3°C);

TM: temperatura máxima;

Tm: temperatura mínima.

Os dados biométricos mensurados no milho foram: altura das plantas (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas, área foliar (cm²) medida com um integralizador de área (Licor modelo LI-3100®), e índice de área foliar (BENICASA, 2003). Na braquiária foi mensurado a altura do dossel (cm), densidade populacional de perfilhos, folhas vivas por perfilho, número de perfilhos, relação folha:colmo, área foliar (cm²) medida com um integralizador de área (Licor modelo LI-3100®), e índice de área foliar (BENICASA, 2003), que considera a relação entre área foliar total da planta (m²), por unidade de terreno (m²) disponível para a planta, através da equação:

$$(1) \text{Equação: } IAF = \frac{AF}{S}$$

Onde:

AF: Área foliar total (cm²)

S: espaço disponível para a planta (espaço utilizado/número de plantas).

No ensaio com o milho, foram coletados grãos no estádio R6, para avaliar os parâmetros de rendimento que foram: rendimento (kg ha⁻¹), peso de espiga (g), peso de mil grãos (g), altura de inserção de espiga (m), altura final de plantas (m).

2.5 Análise estatística

Considerando que o ensaio de braquiária apresenta duas condições distintas, que são o período relativo ao consórcio (similar ao ensaio de milho) e pós consórcio, os dados foram analisados como se fossem dois experimentos distintos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, em função da significância para as parcelas, foi utilizado o teste 't' e, para as subparcelas, foi realizada análise de regressão com auxílio do software estatístico Sisvar® versão 5.8 (FERREIRA, 2019). Empregou-se modelos não lineares, com parâmetros do modelo estimados usando a função de ajuste com curva dinâmica, sendo escolhido o modelo que expressou significância estatística (para os parâmetros do modelo) e maior coeficiente de determinação (R²), no programa SigmaPlot® versão 10.0 (Systat Software, San Jose, CA).

Os modelos gaussiano, log normal e lorentzian utilizados para gerar as curvas de pico e o modelo sigmoide de 3 parâmetros da curva sigmoide estão descritos nas equações abaixo (1, 2 e 3, respectivamente).

$$(1) y = ae^{[-0,5\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2]}$$

$$(2) y = ae^{[-0,5\left(\frac{\ln\left(\frac{x}{x_0}\right)}{b}\right)^2]}$$

$$(3) y = \frac{a}{1+\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2}$$

$$y = x_0 + a * \exp(-b * x) + c * x$$

Onde:

y: variável de crescimento ou acúmulo;

a: valor máximo da variável (independe do modelo escolhido);

x₀: valor de x no DAE que fornece o máximo valor para as equações de pico ou ponto de inflexão da curva em DAE para a equação sigmoide;

b : amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo para as equações de pico ou taxa de crescimento ou acúmulo (média) para a equação sigmoidal.

A partir do modelo ajustado, foi possível determinar, com precisão, o valor do ponto de inflexão (PI) na curva de acordo com a equação: $PI = x_0 - b$

Matematicamente, o PI corresponde ao valor de x , em que a curvatura do modelo ajustado muda de sinal. Na prática, isso corresponde ao valor de x em DAE, no qual a taxa de acúmulo máximo diário, embora positivo, diminui.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acúmulo de graus-dia

Para o milho, o acúmulo de graus-dia (GD) até o florescimento masculino (VT), foi de 1.490. Já no final do ciclo (R6), foi de 2.665 (Tabela 2). Segundo Zucarelli et al. (2010) o principal fator que influencia no desenvolvimento do milho é a temperatura, pois seus estágios fenológicos são determinados pelo número de horas de calor diário expresso em graus-dias, e as cultivares disponíveis no mercado brasileiro são classificadas em superprecoce, precoce e normal, com soma térmica menor que 825 GD, entre 830 a 900 GD e acima de 900 GD para o florescimento masculino respectivamente.

Em estudos similares, houve acúmulo de GD total inferior ao deste trabalho, em decorrência de ciclos variados de cultivo. Renato et al. (2013) em estudos com milho realizados em Viçosa, Minas Gerais, obtiveram acúmulo de 1.600 GD em 138 dias de cultivo. Martins et al. (2017) trabalhando com 7 híbridos de milho verificaram acúmulo de 1.596 GD para um ciclo de cultivo de 139 dias, em Piracicaba, São Paulo. Bender et al. (2013) realizando estudos com 6 híbridos de milho observaram um acúmulo de 1.400 GD em R6, com ciclo médio de 120 dias, em Illinois, Estados Unidos.

O acúmulo de graus-dia para o milho nesse trabalho ao final do ciclo em ambos os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro), foi mais elevado do que em trabalhos realizados com a mesma cultura em outras condições, uma vez que o material permaneceu no campo até atingir a umidade ideal para a colheita, que no Brasil varia de 18 a 20% (CRUZ et al., 2010). Como os trabalhos citados acima foram conduzidos em locais com clima, temperatura e umidade diferentes das condições desse experimento, o acúmulo total de GD difere, embora isso não implique em perdas de produtividade.

Tabela 2. Acúmulo de graus-dia durante o ciclo do milho solteiro e consorciado. Brejo, Maranhão, 2022.

Milho		
DAE	Estádio fenológico	Acúmulo GD
0	VE	0
10	V2	432
24	V6	820
38	V12	1.202
50	VT	1.490

63	R2	1.766
77	R3	2.061
91	R4	2.343
105	R6	2.665

DAE – dias após a emergência; GD – graus-dia.

Para a braquiária em cultivo solteiro e consórcio, o acúmulo de GD foi de 5.500, do início ao fim do cultivo, compreendendo os meses de fevereiro a novembro de 2022 (Tabela 3). Na colheita dos grãos de milho, o acúmulo de GD na braquiária foi de 2.329 (Tabela 3). Após a saída dos animais das áreas com braquiária, o acúmulo foi de 3.273 GD (Tabela 3). Atualmente, sabe-se que existe uma relação entre os fatores climáticos e, para explorar todo o potencial produtivo das gramíneas, é preciso entender as inter-relações clima-planta-animal (DA SILVA et al., 2015).

No presente trabalho, o acúmulo de GD aos 64 DAE foi de 1.541. Nakao (2012) em um trabalho realizado com *Urochloa brizantha* por um período de 60 dias verificou que o acúmulo de graus-dia nas condições experimentais foi de 1.400 para a braquiária. Oliveira et al. (2000) ao trabalharem com gramíneas, obtiveram um acúmulo de graus-dia de 1.100 para o período de 60 dias. Salvador (2018), em um ensaio com *Urochloa* alcançou um acúmulo de 1.104 GD para um período de 46 dias. Esse autor também verificou que o acúmulo de 180 graus-dia é ideal para o surgimento de novos perfilhos em gramíneas do gênero *Urochloa*.

No Brasil, as gramíneas forrageiras tropicais apresentam crescimento lento e baixo em períodos com baixo volume pluvial. Nakao (2012) verificou que temperaturas muito baixas ou altas afetaram negativamente tanto a porcentagem quanto a velocidade média de germinação e crescimento em *Urochloa brizantha*. As diversas técnicas de manejo das pastagens visam explorar o potencial produtivo dessas forrageiras, porém é importante que se tenha condições climáticas favoráveis, como temperaturas adequadas, de modo que não haja supressão no crescimento vegetal por efeito das condições ambientais (DA SILVA et al., 2015).

Tabela 3. Acúmulo de graus-dia durante o ciclo da braquiária solteira e consorciada. Brejo, Maranhão, 2022.

Braquiária		
DAE	Acúmulo GD	
0	0	Plantio
11	559	Consórcio
25	807	Consórcio
37	1.031	Consórcio

50	1.277	Consórcio
64	1.541	Consórcio
78	1.789	Consórcio
92	2.067	Consórcio
106	2.329	Consórcio
159	3.273	Pós-consórcio
192	3.859	Pós-consórcio
221	4.402	Pós-consórcio
278	5.500	Pós-consórcio

DAE – dias após a emergência; GD – graus-dia.

Devido ao ciclo mais curto, o milho pode atingir a fase de colheita mais rapidamente do que a braquiária, o que ocasiona a sua retirada da área antes do desenvolvimento completo da braquiária. Por outro lado, a braquiária, como gramínea forrageira perene, continua crescendo e produzindo massa forrageira mesmo após a colheita do milho.

Além disso, as diferentes exigências térmicas de cada cultura podem influenciar a competição por recursos, como água e nutrientes, na área do consórcio. Se as condições climáticas favorecerem mais o crescimento do milho em determinados momentos, ele pode competir de forma mais intensa com a braquiária, reduzindo seu crescimento e produtividade.

3.2 Respostas biométricas em milho solteiro e consorciado

A tabela 4 apresenta a análise de variância para atributos biométricos do milho [altura de plantas (m), diâmetro do colmo (mm), número de folhas, área foliar (cm² planta⁻¹) e índice de área foliar], sendo que não houve efeito da interação entre sistemas de cultivos e dias após a emergência para nenhuma das variáveis respostas analisadas. Entretanto, para o fator cultivo (milho solteiro ou consorciado), houve diferença para diâmetro do colmo, com superioridade para o milho solteiro (incremento de 5%). Para o fator dias após a emergência, (tempos de coleta) todos os atributos analisados apresentaram diferença significativa.

Tabela 4. Análise de variância referente a variáveis biométricas em plantas de milho em cultivo consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	AP	DC	NF	AF (cm ²)	IAF
MC	1,70 a	14,51 b	11,59 a	2.100 a	3,36 a
MS	1,69 a	15,24 a	11,59 a	2.104 a	3,37 a
Teste F	ns	**	ns	ns	ns
DAE					

10	0,22	6,13	5,40	167	0,27
24	0,86	16,43	6,93	2.434	3,90
38	1,64	16,88	12,06	3.908	6,25
50	2,12	15,36	14,59	3.276	5,24
63	2,07	16,09	14,06	3.468	5,55
77	2,12	16,06	14,06	1.609	2,58
91	2,05	16,29	13,66	1.448	2,32
105	2,07	15,46	11,97	507	0,81
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	8,61	5,51	3,16	20,38	20,39
CV2(%)	4,88	7,32	4,29	21,09	21,09

AP – altura de plantas (m), DC – diâmetro do colmo (mm); NF – número de folhas, AF- área foliar, IAF – índice de área foliar, MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, C x DAE – interação entre cultivo e dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ - coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste 't' (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste 't' ao nível de 5% de significância.

Os modelos das curvas empregadas em função dos DAE ajustaram-se a todas as variáveis, com coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,87, explicando a maior parte da variabilidade. Os coeficientes de ajuste da equação (a , b e x_0) apresentaram significância a 1% de probabilidade, para as variáveis altura de plantas, área foliar e IAF. Para a variável número de folhas, os parâmetros foram significativos a 1% para a e 5% para b e x_0 . Para o diâmetro do colmo, o parâmetro a foi significativo a 1% e b e x_0 não foram significativos (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para altura, diâmetro, número de folhas, área foliar e índice de área foliar (IAF), ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R^2) no milho consorciado e solteiro durante seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022

Variáveis no milho	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾					
	$a^{(2)}$	$b^{(3)}$	$x_0^{(4)}$	PI	R^2	Função
	DAE					
Altura de plantas (m)	2,10**	7,70**	26,98**	-	0,99	Sigmoide
Diâmetro do colmo (mm)	16,08**	0,60 ^{ns}	10,29 ^{ns}	-	0,98	Sigmoide
Número de folhas	13,80**	1,18*	69,51*	68,33	0,87	Log normal
Área foliar (cm ²)	3.925**	0,53**	40,81**	40,28	0,94	Log normal
IAF	6,28**	0,53**	40,80**	40,27	0,94	Log normal

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado.

(3) Taxa de crescimento médio

(4) Ponto de inflexão

(5) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

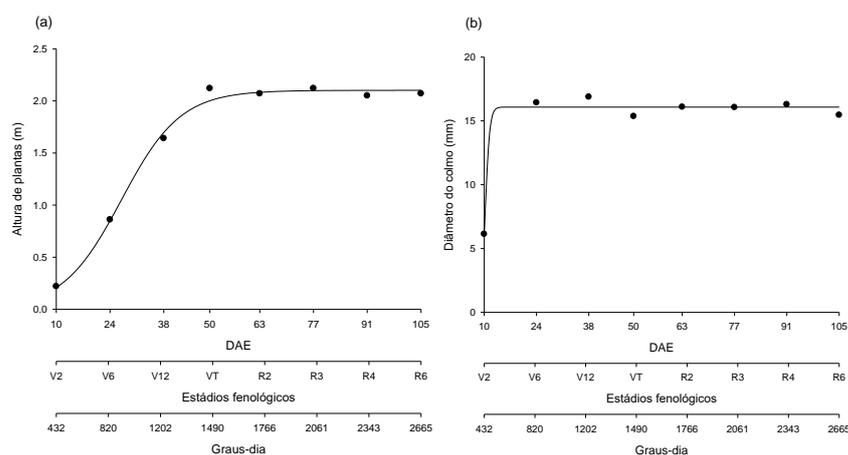
(6) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

** , * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente.

Nas plantas de milho a altura aumentou exponencialmente até VT (acúmulo de 1.400 graus-dia), com valor máximo estimado em 2,10 m, se mantendo constante até a maturidade fisiológica (Figura 5a). Para as variáveis diâmetro do colmo e número de folhas, estimou-se valores máximos de 16,88 mm (Figura 5b) e 13,08 (Figura 5c), respectivamente.

A máxima altura de plantas encontrada nesse estudo foi de 2,10 m. Resultados semelhantes em altura de plantas foram encontrados por Aguilera et al. (2022) no Mato Grosso do Sul, utilizando híbridos de milho com a tecnologia YHR Pioneer® tecnologia Leptra®. Os dados encontrados por esses autores foram a máxima altura de plantas de 2,13 m e a mínima de 1,73 m.

Rockenbach et al. (2017) encontraram resultados semelhantes em híbridos de milho Pioneer 30K73® cultivados no Paraguai. Os resultados apresentados por esses autores foram altura de plantas de 2,30 m aos 110 DAS, diâmetro de colmo de 24,70 mm e 26,10 mm aos 60 DAS, ressaltando que esses estudos apresentam a estreita relação que existe entre o crescimento das plantas e o suprimento adequado de nutrientes. Esses autores também evidenciam que o colmo é onde estão acumulados a maior parte das reservas de amido das plantas de milho, as quais serão mobilizados aos grãos nos estádios reprodutivos.



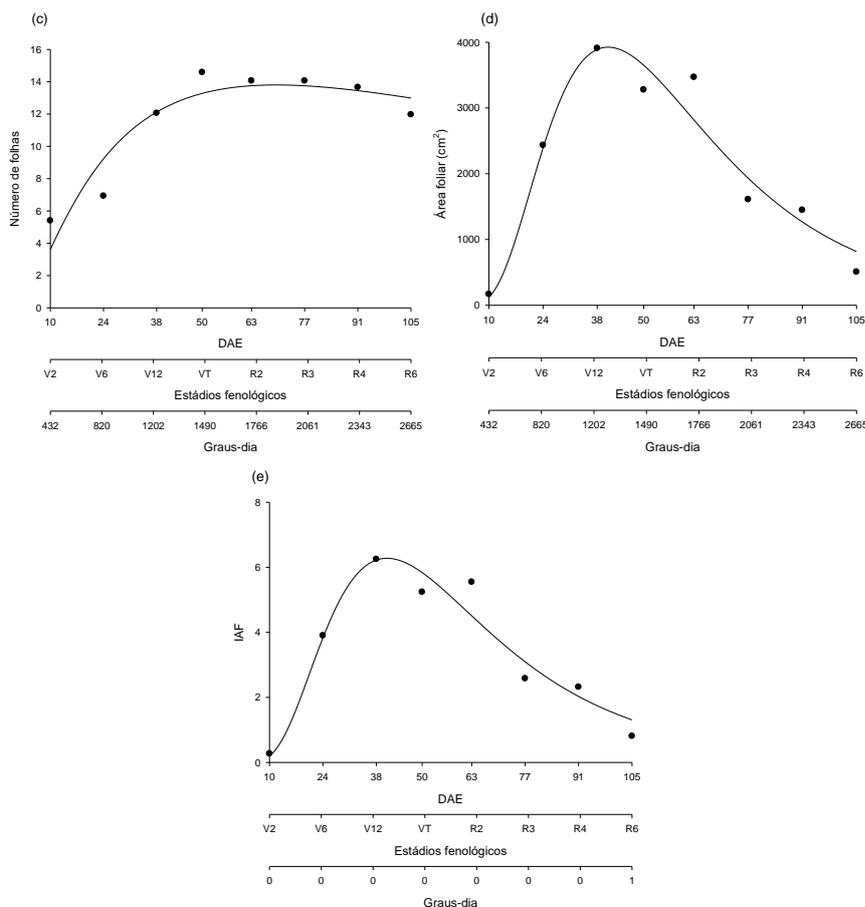


Figura 5. Altura de plantas (a), diâmetro do colmo (b), número de folhas (c), área foliar (d), índice de área foliar (IAF) (e) de plantas milho consórcio e solteiro, em função do acúmulo de graus-dia ao longo ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.

Os maiores valores de área foliar foram estimados em 3.925 cm² por planta, aos 40,81 DAE (Figura 5 d). Da mesma forma, o maior valor estimado para o IAF foi de 6,28 aos 40,80 DAE (Figura 5 e). Após os referidos pontos de máxima houve diminuição da área foliar e IAF, o que pode ser explicado pelo início da senescência foliar, pois as folhas passam a ser utilizadas como fonte de nutrientes para os grãos, os quais são considerados drenos.

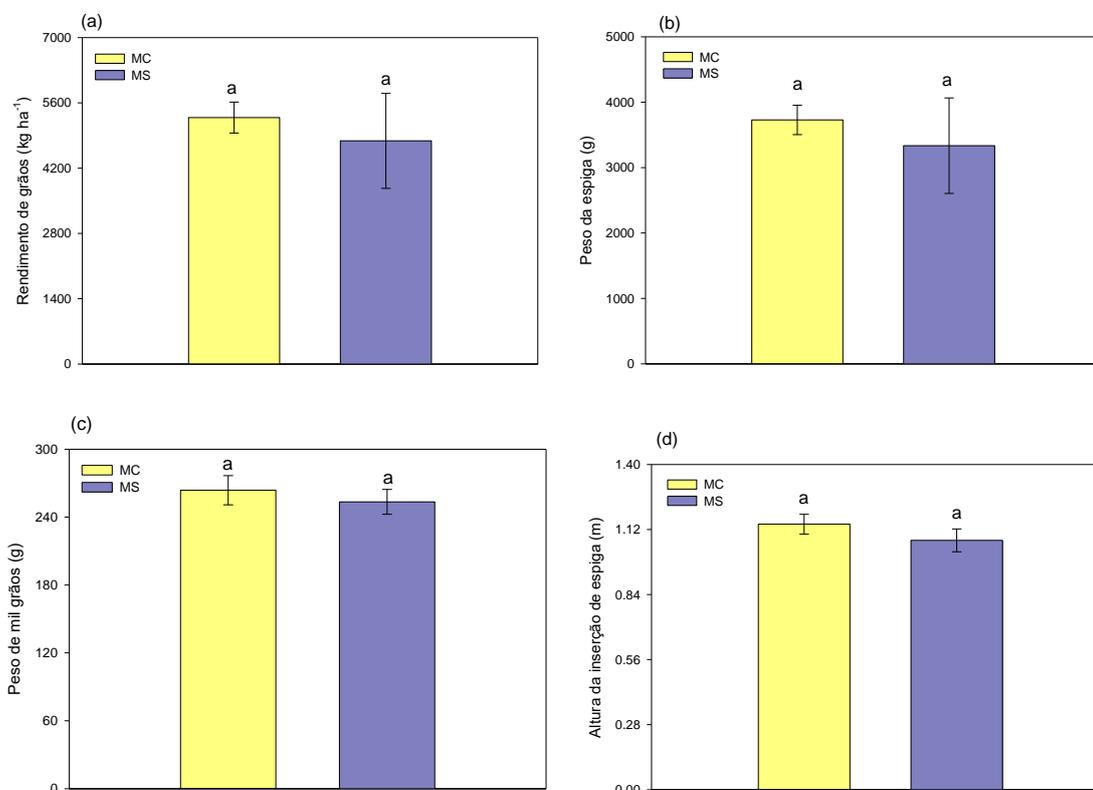
Bender et al. (2015) afirmam que plantas que apresentam maior número de folhas e área foliar tendem a ter maior acúmulo de matéria seca, devido ao aumento da área fotossintética; a produção de fotoassimilados aumenta e, dessa maneira, ocorre um aumento na massa total da planta e dos grãos (FERREIRA, 2021).

Ferreira (2021) evidencia que, ao entrar em estágio reprodutivo, as plantas de milho não aumentam as variáveis biométricas, pois a planta cessa seu crescimento em suas partições (folha, colmo e estruturas reprodutivas) e passa a mobilizar os fotoassimilados para os grãos. Muller et al. (2005) retratam que o milho apresenta um

aumento exponencial do índice de área foliar (IAF) e área foliar (cm²) no período vegetativo da cultura, linear e positivo até o pendoamento (estádio fenológico VT), seguido de uma variação linear e levemente negativa até o início da senescência das folhas, posteriormente diminuindo constantemente até a maturidade fisiológica (R6).

3.2.1 Rendimento e componentes de produção do milho

Em relação aos atributos relativos aos componentes de produção de milho, verifica-se que o cultivo consorciado ou solteiro não resultou em alterações no rendimento, altura de plantas, altura de inserção de espiga, peso de espiga e peso de mil grãos (Figura 6). Para o milho em consórcio, o rendimento foi de 5.284 kg ha⁻¹ e para o milho solteiro foi 4.785 kg ha⁻¹ (Figura 6 a). Para o peso de espiga, foi observado valor médio de 3.728 g no milho consórcio e 3335 g no milho solteiro (Figura 6 b). Para a variável peso de mil grãos, as médias foram de 263 g no milho consorciado e 253 g no milho solteiro (Figura 6 c). A altura de inserção de espiga foi de 1,14 m no milho consorciado e 1,07 m no milho solteiro (Figura 6 d). A altura final de plantas no milho consorciado foi de 2,11 m e no milho solteiro foi de 2,14 m (Figura 6 e).



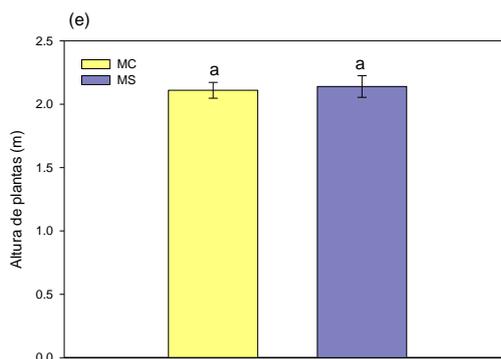


Figura 6. Avaliação da produtividade de grãos de milho em cultivo consorciado e solteiro: rendimento de grãos (a), peso da espiga (b), peso de mil grãos (c), altura de inserção da espiga (d) e altura de plantas (e). Brejo, Maranhão, 2022.

Não foram encontradas diferenças de rendimento quando comparados os cultivos em consórcio e solteiro, o que pode evidenciar que o cultivo em consórcio melhora o uso e a conservação do solo e não ocasiona perdas em produtividade dos grãos. A produtividade média de milho no Brasil, na safra 2021/2022, foi de 5.248 kg ha⁻¹ (Conab, 2023), se assemelhando aos valores de rendimento de grãos encontrados nesse trabalho. Em um estudo com híbridos de milho no Mato Grosso do Sul, nos meses de dezembro a abril, Aguilera et al. (2022) verificaram que a produtividade mínima para as plantas foi de 3.700 kg ha⁻¹ e a máxima produtividade foi 7.830 kg ha⁻¹. A altura de inserção de espiga (AIE) foi de 1,14 m no milho consorciado e 1,07 m no milho solteiro. O milho consorciado mobilizou mais reservas para a produção de colmo que o milho em cultivo solteiro. Aguilera et al. (2022) verificaram também que a AIE variou de 0,88 a 1,14 m e o PMG (peso de mil grãos) variou entre 103 e 160 g. Cambaúva et al. (2019) em um ensaio com milho solteiro e consorciado com crotalária em Jaboticabal, obtiveram dados de altura de inserção de espiga de 1,23 m, peso de mil grãos de 256 g e altura final da planta de milho de 2,58 m.

3.3 Respostas biométricas em braquiária solteira e consorciada

3.3.1 Braquiária em cultivo simultâneo ao milho

Todos os atributos analisados para a braquiária apresentaram diferença significativa para a interação cultivo x DAE (Tabela 6) no período de 11 a 106 DAE, quando a braquiária esteve em crescimento concomitante com as plantas de milho. Com relação ao fator cultivo, todas as variáveis foram superiores com o emprego da braquiária solteira em relação à consorciada, exceto a altura do dossel e a relação

folha:colmo. Para o fator DAE, as variáveis AD, DPP e FVPP apresentaram como melhor modelo de resposta, a equação de primeiro grau; entretanto, para NP, AF, IAF, F:C o melhor modelo de resposta ajustado foi a equação de segundo grau.

Tabela 6. Análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para as variáveis biométricas. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	AD	DPP	FVPP	NP	AF (cm ²)	IAF	F:C
BC	36,63 a	3,29 b	4,01 b	6,45 b	279 b	0,69 b	1,61 a
BS	37,02 a	11,07 a	4,69 a	13,97 a	1.336 a	3,37 a	1,23 a
Teste F	ns	**	**	**	**	**	ns
DAE							
11	13,75	2,28	3,22	1,60	114	0,29	1,84
25	12,40	2,72	4,94	6,55	136	0,34	1,7
37	10,75	5,65	3,32	11,30	337	0,85	2,33
50	27,65	8,12	3,77	10,02	368	0,92	1,98
64	52,60	7,70	4,65	16,07	441	1,10	0,96
78	51,36	9,57	4,77	10,10	769	2,03	0,97
92	67,90	10,70	5,15	11,85	2.100	5,25	0,87
106	58,21	10,70	4,96	14,20	2.195	5,48	0,72
Teste F	**	**	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**	**	ns
CV1(%)	17,92	34,87	9,43	27,38	39,03	39,81	68,16
CV2(%)	16,67	31,07	17,40	24,20	33,01	33,04	67,46

BC – Braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, AD – altura do dossel, DPP – densidade populacional de perfilhos (perfilhos m²), FVPP – folhas vivas por perfilho, NP – número de perfilhos, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, FC – relação folha:colmo, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ - coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Para as variáveis biométricas altura do dossel e folhas vivas por perfilhos aos 11 DAE (559 GD), ocorreram diferenças entre os sistemas de cultivo de braquiária (Tabela 7). Para o parâmetro densidade populacional de perfilhos, essa diferença ocorreu aos 25 DAE (807 GD) (Tabela 7). Para número de perfilhos, área foliar, índice de área foliar, relação folha colmo aos 37 DAE (1.031 GD), a braquiária consorciada apresentou menores valores em relação à solteira (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária consorciada e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

GD	DAE	AD		DPP		FVPP		NP	
		BC	BS	BC	BS	BC	BS	BC	BS
559	11	18,43 a	9,07 b	1,25 a	3,30 a	2,05 b	4,40 a	1,80 a	1,40 a
807	25	15,55 a	9,25 a	1,05 b	4,40 a	4,51a	5,38 a	4,95 a	8,15 a

1031	37	10,45 a	11,05 a	2,40 b	8,90 a	3,15 a	3,50 a	5,25 b	17,35 a
1277	50	38,23 a	17,08 b	4,45 b	11,80 a	3,80 a	3,75 a	7,80 b	12,25 a
1541	64	58,20 a	47,00 b	3,25 b	12,15 a	4,70 a	4,60 a	12,80 b	19,35 a
1789	78	52,55 a	50,18 a	4,55 b	14,60 a	4,80 a	4,75 a	4,85 b	15,35 a
2067	92	55,80 b	80,00 a	4,75 b	16,65 a	4,45 b	5,85 a	6,25 b	17,45 a
2329	106	43,85 b	72,56 a	4,65 b	16,75 a	4,62 a	5,30 a	7,90 b	20,50 a
		AF (cm ²)		IAF		F:C			
GD	DAE	BC	BS	BC	BS	BC	BS		
559	11	63 a	165 a	2,01 a	1,65 a	2,01 a	1,65 a		
807	25	115 a	157 a	1,78 a	1,64 a	1,78 a	1,64 a		
1031	37	100 b	575 a	3,04 a	1,62 b	3,04 a	1,62 b		
1277	50	234 a	503 a	2,32 a	1,65 b	2,32 a	1,65 b		
1541	64	163 a	718 a	1,08 a	0,85 a	1,08 a	0,85 a		
1789	78	384 b	1.153 a	0,98 a	0,97 a	0,98 a	0,97 a		
2067	92	166 b	4.033 a	0,97 a	0,77 a	0,97 a	0,77 a		
2329	106	1.104 b	3.385 a	0,74 a	0,72 a	0,74 a	0,72 a		

Variáveis biométricas: AD – altura do dossel, DPP – densidade populacional de perfilhos (perfilhos m²), FVPP – folhas vivas por perfilho, NP – número de perfilhos, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, F:C – relação folha:colmo, GD – graus-dia, DAE – dias após a emergência, BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A estrutura de uma pastagem é determinada por sua morfologia, arquitetura, distribuição espacial das folhas, pela relação folha:colmo, folhas vivas:mortas, densidade de folhas verdes, densidade populacional de perfilhos e pela altura do dossel. Todos os fatores citados interferem na produção de forragens e no consumo de massa seca pelos animais (FAGUNDES et al., 2005).

Foi observado para a variável altura do dossel na braquiária em consórcio, que os máximos valores foram 57 cm aos 81 DAE. Já para a braquiária solteira, o máximo valor de 75 cm foi observado aos 102 DAE (Tabela 8). Para a altura do dossel, a braquiária em consórcio apresentou-se estatisticamente igual à solteira, o que pode ser decorrente da aplicação do herbicida durante o início do desenvolvimento das plantas, e um crescimento excessivo pela competição com o milho (Figura 7).

Estudos com gramíneas comprovam que existe uma relação entre a interceptação luminosa e a altura do dossel forrageiro, independente da época do ano e do estágio fisiológico das plantas, indicando que a altura pode ser utilizada como critério para as tomadas de decisão no manejo do pasto (SILVA, 2004). Porém, a altura varia entre as espécies e as cultivares de plantas, e é bastante influenciada por fatores climáticos (fotoperíodo, temperatura, luminosidade), disponibilidade água e nutrientes no solo, além do genótipo (GOBBI et al., 2018).

Avaliando condições de referência para a utilização dos pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sob lotação em sistema rotativo, Giancomini et al. (2009) estabeleceram altura de pré-pastejo de 25 cm, com 95% de intensidade luminosa, e de pós-pastejo, de 15 cm na estação chuvosa e 10 cm na estação seca. Verificou-se que a braquiária solteira apresentou maior densidade populacional de perfilhos, o que está relacionado com a maior incidência de luz na base do dossel, justificando o menor valor verificado para a braquiária consorciada. Para a densidade populacional de perfilhos na braquiária em consórcio, foram observados os máximos valores (4,8) aos 89 DAE; já na braquiária solteira, o máximo valor (16) ocorreu aos 96 DAE (Tabela 8).

Para a variável folhas vivas por perfilho (FVPP), foi observado os máximos valores na braquiária em cultivo consorciado (4,9) aos 79 DAE, e na braquiária solteira (5,4), aos 95 DAE (Tabela 8). O número de folhas vivas por perfilho é definido pela espécie (FULKERSON & SLACK, 1995), logo, pode-se inferir que plantas recebendo adequada nutrição e sem competição com outras espécies (braquiária solteira) irão atingir seu número máximo de FVPP mais precocemente, permitindo a adoção de períodos de descansos mais curtos ou o emprego de maiores frequências de pastejo, evitando perdas por senescência foliar.

O máximo número de perfilhos estimado na braquiária em consórcio (9,0) ocorreu aos 69 DAE; já na braquiária solteira (19), ocorreu aos 86 DAE (Tabela 8). A produção de perfilhos e a duração do perfilhamento variam entre espécies e cultivares, podendo ser influenciadas por fatores nutricionais, ambientais e de manejo. Dessa forma, o número de perfilhos se relaciona com a produção de novos perfilhos, que é um processo contínuo e pode ser acelerado pela desfolhação da planta e aumento de incidência luminosa na base do dossel. Logo, a manutenção do número de perfilhos ocorre por uma contínua reposição de perfilhos vivos no lugar dos mortos, sendo essa característica uma das que permitem a manutenção e o contínuo crescimento/rebrota em gramíneas forrageiras (SILVA et al., 2016).

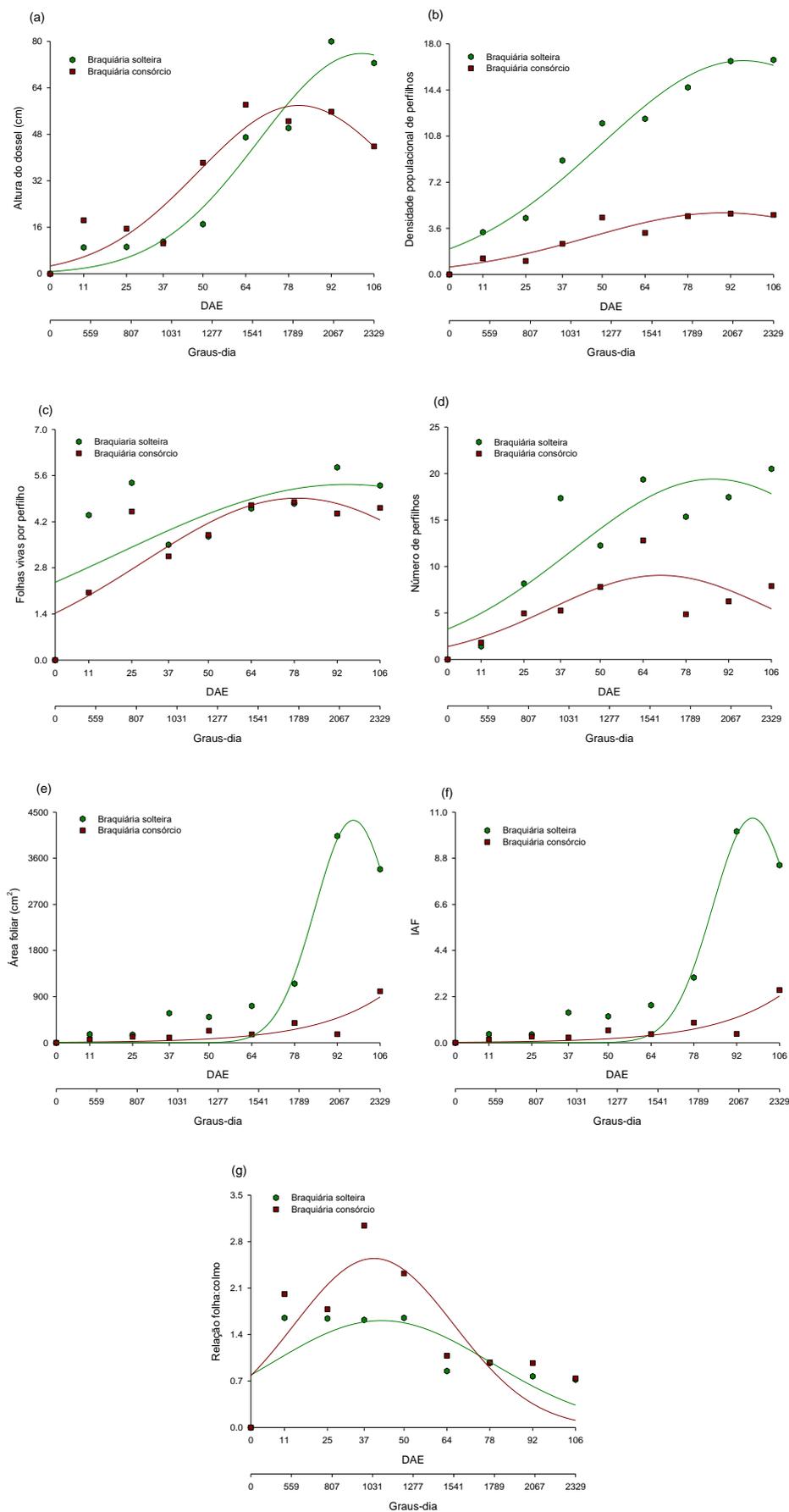


Figura 7. Altura do dossel (a), densidade populacional de perfilhos (b), folhas vivas por perfilhos (c), número de perfilhos (d), área foliar (e), índice de área foliar (IAF) (f), relação folha colmo (g) em plantas de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.

Para a variável relação folha:colmo, foram observados os máximos valores na braquiária em cultivo consorciado (2,5) aos 40 DAE, e na braquiária solteira (1,6), aos 42 DAE (Tabela 8). Isto pode ser explicado pela maior mobilização de reservas para a produção de folhas nas plantas de braquiária em consórcio quando comparadas ao cultivo solteiro, pois a braquiária consorciada direcionou prioritariamente a energia para a produção de folhas. A relação folha:colmo afeta a distribuição espacial das pastagens e a qualidade da forragem para o consumo animal (FAGUNDES et al., 2005). Estudos da relação folha:colmo em gramíneas forrageiras são importantes devido às folhas serem o órgão das plantas preferencialmente consumidas pelos animais, além de serem a principal fonte de nutrientes para os ruminantes em sistema de pastejo (RODRIGUES et al., 2008).

Para a área foliar, foram observados os maiores valores estimados na braquiária em cultivo consorciado ($1.049 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) aos 109 DAE, e na braquiária solteira ($4.340 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) aos 97 DAE (Tabela 8). Para a variável índice de área foliar, os máximos valores foram observados na braquiária consorciada (2,6) aos 109 DAE; já na braquiária solteira, o máximo IAF foi de 10, aos 97 DAE (Tabela 8). Em alguns trabalhos com gramíneas tropicais foi observado que a área foliar e o IAF são os parâmetros ideais para a avaliação e definição do momento de corte ou inserção dos animais no pasto, interrompendo desse modo o crescimento do dossel, obtendo-se máximo acúmulo de forragem com máxima produção de folhas (GOBBI et al., 2018). As folhas são a principal fonte de interesse na agropecuária, no que se refere a aspectos econômicos.

Tabela 8. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para altura do dossel (cm), densidade populacional de perfilhos (DPP), folhas vivas por perfilho, número de perfilhos, área foliar e índice de área foliar (IAF), ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R²) no milho, ao longo do seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022

Variáveis	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾				Função		
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x ₀ ⁽⁴⁾	c ⁽⁵⁾	PI	R ²	
			DAE				
AD BC	57**	33**	81**	-	48	0,84	Gaussiana
AD BS	75**	33**	102**	-	69	0,97	Gaussiana

DPP BC	4,8**	43**	89**	-	46	0,86	Gaussiana
DPP BS	16**	46**	96**	-	50	0,96	Gaussiana
FVPP BC	4,9**	50**	79**	-	29	0,73	Gaussiana
FVPP BS	5,3**	74 ^{ns}	95 ^{ns}	-	21	0,46	Gaussiana
NP BC	9,0**	36*	69**	-	30	0,62	Gaussiana
NP BS	19**	46*	86**	-	40	0,79	Gaussiana
AF BC	1049 ^{ns}	11 ^{ns}	109**	1,0 ^{ns}	98	0,77	Gaussiana
AF BS	4340**	12**	97**	-	85	0,94	Gaussiana
IAF BC	2,6 ^{ns}	11 ^{ns}	109*	1,0*	98	0,77	Gaussiana
IAF BS	10**	13**	97**	-	84	0,94	Gaussiana
F:C BC	2,5**	26**	40**	-	14	0,50	Gaussiana
F:C BS	1,6**	35**	42**	-	7	0,48	Gaussiana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado.

(3) Taxa de crescimento médio

(4) Ponto de inflexão

(5) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente.

BC – Braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, AD – altura do dossel, DPP – densidade populacional de perfilhos, FVPP – folhas vivas por perfilho, NP – número de perfilhos, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, F:C – relação folha:colmo.

3.3.2 Braquiária em cultivo subsequente à colheita dos grãos

Na Tabela 9 observa-se que não houve diferença entre as variáveis folhas vivas por perfilho para os cultivos de braquiária em consórcio e solteira, porém para área foliar, índice de área foliar e relação folha:colmo, observou-se diferença entre os sistemas de cultivo, no período posterior à colheita do milho, entre 106 e 278 dias após a emergência.

Tabela 9. Análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para as variáveis biométricas. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	FVPP	AF (cm ²)	IAF	F:C
BC	3,84 a	352 b	0,88 b	2,21 a
BS	4,38 a	1.064 a	2,66 a	0,83 b
Teste F	ns	**	**	**
DAE				
106	4,96	2.195	5,48	0,72
159	2,96	98	0,24	0,42
192	4,40	260	0,65	1,76
221	4,50	443	1,10	0,95
278	3,35	304	0,76	3,65
Teste F	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**
CV1(%)	28,59	66,76	66,73	33,28
CV2(%)	13,05	37,61	37,61	49,31

BC – Braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, FVPP – folhas vivas por perfilho, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ - coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 10 observou-se que a braquiária solteira apresentou mais folhas vivas por perfilho aos 221 DAE (acúmulo de 4.402 graus-dia), maior área foliar e índice de área foliar aos 106 e 221 DAE (acúmulos de 2.329 e 4.402 graus-dia, respectivamente), relação folha colmo aos 192 DAE (acúmulo de 3.859 GD). Nas demais épocas de coleta, os sistemas de cultivo apresentaram valores estatisticamente iguais.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, MA, 2022.

GD	DAE	FVPP		AF (cm ²)		IAF		F:C	
		BC	BS	BC	BS	BC	BS	BC	BS
2329	106	4,62 a	5,30 a	1.104 b	3.385 a	2,51 b	8,46 a	0,74 a	0,72 a
3273	159	2,80 a	3,30 a	79 a	137 a	0,20 a	0,34 a	0,50 a	0,27 a
3859	192	4,10 a	4,70 a	169 a	351 a	0,42 a	0,88 a	2,84 a	0,67 b
4402	221	3,70 b	5,30 a	248 b	637 a	0,62 b	1,59 a	1,23 a	0,66 a
5500	278	3,37 a	3,33 a	261 a	346 a	0,65 a	0,88 a	5,74 a	1,56 b

Variáveis biométricas: FVPP – folhas vivas por perfilho, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, F:C – relação folha:colmo, GD – graus-dia, DAE – dias após a emergência, BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A máxima FVPP foi estimada em 1,5 folhas aos 107 DAE para a braquiária em consórcio, e 4,7 folhas aos 105 DAE para a braquiária solteira (Tabela 11). Em um trabalho com *Urochloa*, Silva et al. (2015) ressaltaram que a produtividade de uma gramínea forrageira depende da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante na restauração da área foliar, sob condições de corte ou pastejo, em conjunto com a idade fisiológica em que as plantas são colhidas. No presente trabalho, as plantas foram pastejadas e no período pós pastejo, elas continuaram a emitir novas folhas e perfilhos, conforme demonstrado pelos dados de folhas vivas por perfilho, área foliar, IAF e relação folha:colmo apresentados na Figura 8.

Para a área foliar, foi observado valor de 915 cm² planta⁻¹ aos 121 DAE na braquiária em consórcio e 3.017 cm² planta⁻¹ na braquiária solteira (Tabela 11). Para o atributo biométrico IAF, foi observado um valor de 2,0 aos 122 DAE na braquiária em consórcio, e 7,5 aos 122 DAE na braquiária em cultivo solteiro. Gobbi et al. (2018), em um estudo com gramíneas observaram que o índice de área foliar aumenta

conforme o nível de interceptação luminosa do dossel, a eficiência fotossintética e o crescimento das plantas forrageiras. Esses autores ressaltam que em pastos sob lotação contínua, são estabelecidas faixas ideais de altura para manutenção do pasto para algumas espécies forrageiras do gênero *Urochloa*, que variam em função da época do ano, categoria animal e metas de desempenho.

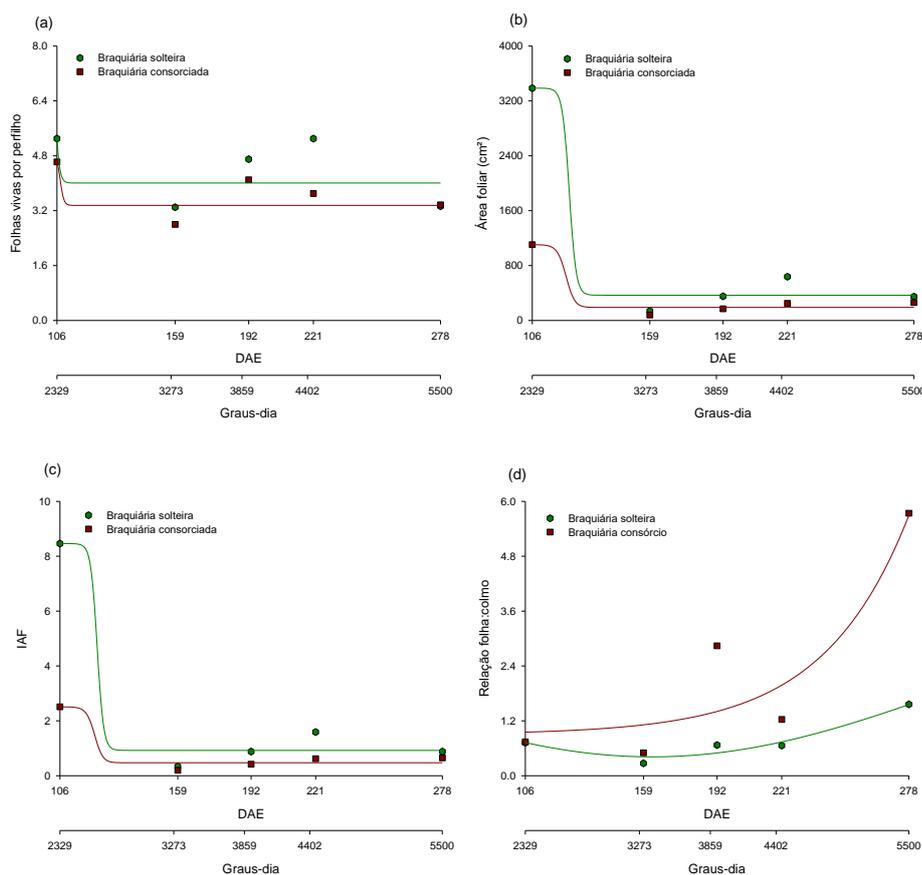


Figura 8. Folhas vivas por perfilhos (a), área foliar (b), índice de área foliar (IAF) (c), relação folha:colmo (d) em plantas de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.

A relação folha:colmo máxima observada no cultivo de braquiária consorciado foi de 4,5 aos 148 DAE; no cultivo de braquiária solteira, os máximos valores foram de 3,8 aos 163 dias após a emergência (Tabela 11). Além disso, as condições de ambiente às quais as plantas estão submetidas influenciam o seu crescimento e o valor nutritivo, sendo que este último está intimamente relacionado com o consumo e a utilização pelos animais. Assim, estudos da dinâmica do crescimento de folhas e perfilhos, do valor nutritivo e da análise de crescimento de gramíneas forrageiras perenes são importantes para a definição de estratégias de manejo das plantas forrageiras, sob diversas condições do meio (ANDRADE et al., 2005).

Tabela 11. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para folhas vivas por perfilho, área foliar e índice de área foliar (IAF), ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R²) no milho, ao longo seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022.

Variáveis	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾						Função
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x0 ⁽⁴⁾	y0 ⁽⁵⁾	PI	R ²	
			DAE				
FVPP BC	1,5 ^{ns}	-0,8 ^{ns}	107 ^{ns}	3,3*	106	0,51	Sigmoidal
FVPP BS	4,7 ^{ns}	-0,9 ^{ns}	105 ^{ns}	4,0*	104	0,28	Sigmoidal
AF BC	915 ^{ns}	-2,1 ^{ns}	121**	189 ^{ns}	119	0,96	Sigmoidal
AF BS	3017 ^{ns}	-1,5 ^{ns}	122**	367 ^{ns}	120	0,98	Sigmoidal
IAF BC	2,0 ^{ns}	-1,94 ^{ns}	122 ^{ns}	0,4 ^{ns}	120	0,96	Sigmoidal
IAF BS	7,5 ^{ns}	-1,4 ^{ns}	122 ^{ns}	0,9 ^{ns}	121	0,98	Sigmoidal
F:C BC	4,5**	162 ^{ns}	148 ^{ns}	4,6**	-	0,81	Gaussiana
F:C BS	-3,8 ^{ns}	135 ^{ns}	163 ^{ns}	4,2 ^{ns}	-	0,94	Gaussiana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado.

(3) Taxa de crescimento médio

(4) Ponto de inflexão

(5) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente.

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira, DAE – dias após a emergência.

Atualmente, os trabalhos com gramíneas estudam bastante as características estruturais do pasto, se baseando nas variáveis tamanho de folha, densidade de perfilhos e número de folhas por perfilho, sendo o perfilho considerado a unidade básica de desenvolvimento das plantas forrageiras (DA SILVA et al., 2015).

Segundo Pinto et al. (1994), elevada relação folha:colmo confere à gramínea, melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte, por apresentar um momento fenológico em que os meristemas apicais se apresentam mais próximos ao solo e, portanto, menos vulneráveis à destruição pelo corte animal ou máquina. Ressaltam ainda, que o limite crítico da relação folha:colmo é considerado igual a 1,00 e este nível crítico considera a quantidade e a qualidade da forragem produzida. A partir do momento que a relação é inferior a 1,0, a forragem apresenta baixa qualidade, por ter muita produção de colmo, que não é o alimento preferencial dos animais.

4 CONCLUSÕES

O consórcio de milho com braquiária não afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho, para as variáveis altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, área foliar e índice de área foliar.

O consórcio com braquiária não afeta negativamente a produtividade de grãos de milho.

O consórcio com milho afeta negativamente o crescimento das plantas de braquiária, exceto para a variável folhas vivas por perfilho.

REFERENCIAS

AGUILERA, J. G., ALVES, Z., ZUFFO, A. M., RATKE, R. F., DA SILVA, L. N., DA SILVA, C. E. S., GONZALES, H. H. S. (2022). Efeito Residual de Doses de Pó de Basalto no Milho Segunda Safra. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, 26(2), 281-288, 2022.

ALVES, L. **Aspectos fenológicos da cultivar de milho BRS-1030 na Região de Paragominas, PA**. Embrapa. Comunicado técnico, 2017.

ANDRADE, A.C; FONSECA, D.M.; LOPES, R.S; CECON, P.R; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H; REIS, S.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.150-159, 2005.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected corn hybrids. **Agronomy Journal**, v.105, n.1, p.161-170, 2013.

BENICASA, M. M. P. **Análise de crescimento em plantas: noções básicas**. Jaboticabal. FUNEP, 2003, 42p.

CAMBAÚVA, V., LEAL, F. T., LEMOS, L. B. Crescimento, produtividade e palhada de milho exclusivo e consorciado com crotalárias em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 18(1), 99–111, 2019.

CONAB. **Companhia Nacional do Abastecimento**. Boletim da safra de grãos: Nono levantamento, julho 2022 – safra 2021/2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. D. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012.

CRUZ, J.C., FILHO, I. A. P., ALVARENGA, R. C., NETO, M. M. G., VIANA, J. H. M., OLIVEIRA, M. F., MATRANGOLO, W. J. R., FILHO, M. R. A. **Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição, 2010.

DANTAS, J. S., MARQUES, J. J., MARTIS, F. M. V., RESENDE, J. M. A., CAMARGO, L. A., BARBOSA, R. S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1039–1050, 2014.

DA SILVA, E. M., ANDRADE, A. C., MAGALHÃES, J. A., RODRIGUES, B. H. N., OLIVEIRA, A. B. B., SANTOS, F. D. S., BEZERRA, E. E. A. Características morfogênicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses de nitrogênio. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 9, n. 6, p. 262-270, Maringá, 2015.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.G.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VITOR, C.M.T.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; REIS, G.C. MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.397-403, abr. 2005.

FERREIRA, A. C. M. **Absorção, particionamento de nutrientes e crescimento do milho por estádio fenológico**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Piauí, 54 p., 2021.

FERREIRA, D. F. (2019). SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS: Sisvar. **Brazilian Journal of Biometrics**, 37(4), 529–535, 2019.

FULKERSON, W.J. SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: II: Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v.50, n.1, p.16-29, 1995.

GIACOMINI, A.A.; SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.L.; ZEFERINO, C.V.; SOUZA JR, S.J.; TRINDADE, J.K.; GUARDA, V.A.; NASCIMENTO JR, D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p.733-741, 2009.

GOBBI, K. F., LUGÃO, S. M. B., BETT, V., ABRAHÃO, J. J. S., & TACAIAMA, A. A. K. Massa de forragem e características morfológicas de gramíneas do gênero *Brachiaria* na região do arenito Caiuá/PR. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: Clima e Tempo — Português (Brasil) (www.gov.br). Acesso em 06/01/2023.

KÖPPEN, W., GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928..

MAKINO, P. A., CECCON, G., & FACHINELLI, R. Produtividade e teor de nutrientes em populações de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 206-220, 2019.

MARTINS, K. V., DOURADO-NETO, D., REICHARDT, K., FAVARIN, J. L., SARTORI, F. F., FELISBERTO, G. Corn dry matter production and macronutrient extraction model as a new approach for fertilizer rate estimation. **An Acad Bras Ciênc**. v. 1, 2017.

MÜLLER, A. G., BERGAMASCHI, H., BERGONCI, J. I., RADIN, B., FRANÇA, S., SILVA, M. D. Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 13(1), 65-71, 2005.

NAKAO, E. A. **Temperatura e osmocondicionamento na germinação de sementes de *Urochloa brizantha*** (STAPF) Webster CV. Basilisk. 2012.

OLIVEIRA, M. D., PEREIRA, O. G., HUAMAN, C. A. M., GARCIA, R., GOMIDE, J. A., CECON, P. R., SILVEIRA, P. D. Características morfogênicas e estruturais do capim-

bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista brasileira de Zootecnia**, 29(6), 1939-1948, 2000.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p. PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, C. G.; PEREIRA, R. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 4, p.758-766, 2016.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A., M. MAESTRI. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa 23 (3): 313-326, 1994.

RENATO, N. S.; SILVA, J. B. L.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, E. G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 382-388, 2013.

RESENDE, J. M. D. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. D. B. Spatial variability of the properties of cohesive soils from eastern Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1077-1090, 2014.

RITCHIE, S. V.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Potafós: Informações Agronômicas**, n.103, Arquivo do agrônomo, n.15, 2003

ROCKENBACH, M. D. A., ALVAREZ, J. W. R., FOIS, D. A. F., TIECHER, T., KARAJALLO, J. C., TRINIDAD, S. A. Eficiência da aplicação de *Azospirillum* brasileiro associado ao nitrogênio na cultura do milho. **Acta Iguazu**, 6(1), 33-44, 2017.

SALVADOR, Paulo Roberto et al. **Adubação nitrogenada em pastagem de papuã (*Urochloa plantaginea* (Link) Hitch)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2018.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; SIEBENEICHLER, S. C.; CARDOSO, D. P.; BENICIO, L. P. F.; VARANDA, M. A. F. Physiological indices of seedings of corn (*Zea mays*L) under the action of biostimulantes. **Journal of biotechnology and bioversity**, v. 4, n. 3, o. 232-239, 2013.

SILVA, S.C. **Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum***. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., Viçosa. Anais, Viçosa, MG: UFV, p. 347-385, 2004.

SILVA, J. D. L., RIBEIRO, K. G., HERCULANO, B. N., PEREIRA, O. G., PEREIRA, R. C., SOARES, L. F. P. (2016). Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, 342-348, 2016

SILVA, G. S. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO NETO, R. B. Soil water dynamics and yield in corn and *Brachiaria ruziziensis* intercropping. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 50, e. 59809, 2020.

SOUZA, D. P DE, MENDONÇA, F. C., BOSI, C., PEZZOPANE, J. R. M., SANTOS, P. M. APSIM-Tropical Pasture model parameterization for simulating Marandu palisade grass growth and soil water in irrigated and rainfed cut-and-carry systems. **Grass Forage**, v. 77, p. 216–231, 2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 575p.

ZUCARELI, C.; CARMENS FILHO, A. C. A.; GONÇALVES, M. S.; OLIVEIRA, M.A. Acúmulo de graus-dias, ciclo e produtividade de cultivares de milho de segunda safra para região de Londrina-PR. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28, 2010, Goiânia. Anais Goiânia: **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, 2010.

CAPÍTULO II

ACÚMULO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES NO CONSÓRCIO MILHO COM BRAQUIÁRIA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO LESTE MARANHENSE

RESUMO

Entender a dinâmica de absorção de nutrientes é de grande importância para o sucesso do consórcio milho+braquiária, pois com base na quantidade de nutrientes que as plantas absorvem é que serão definidas as produtividades de grãos (milho) e de biomassa vegetal (braquiária). Dessa forma, objetivou-se nesse trabalho avaliar o acúmulo de nutrientes de plantas de milho e braquiária em consórcio e isoladamente. Foram realizados dois ensaios: (i) comparação de milho consorciado x milho solteiro e (ii) comparação de braquiária consorciada x braquiária solteira. Ambos os trabalhos foram conduzidos em campo, na Fazenda Barbosa, Brejo, Maranhão, em DBC em parcelas subdividas, sendo as parcelas os cultivos e as subparcelas os tempos de coleta, com 4 repetições cada. No primeiro ensaio com o milho, foram realizadas 8 coletas nos estádios V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 e R6, com acúmulo de 432, 820, 1202, 1490, 1766, 2061, 2343, 2665, 2981 graus-dia (GD), respectivamente. No estágio R6, foram coletados grãos de milho para avaliar o rendimento. A cada coleta de milho foram avaliados: acúmulo de matéria seca das partições (folha, colmo, estruturas reprodutivas – palha, espiga, sabugo, grãos) e da planta inteira. Posteriormente foram determinados o teor e acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B. No ensaio da braquiária foram realizadas 13 coletas, aos 11, 25, 37, 50, 64, 78, 92, 106, 124, 159, 192, 221 e 278 dias após a emergência, com acúmulo de 559, 807, 1031, 1277, 1541, 1789, 2067, 2329, 2672, 3273, 3859, 4402 e 5500 GD, respectivamente. Foram avaliadas: o acúmulo de matéria seca na planta inteira e nas partições (folha, colmo), o teor e o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B. No ensaio de braquiária, as plantas foram avaliadas em 2 períodos: durante o consórcio com o milho e após o consórcio com o milho. Foi realizada a análise de variância e, procedido teste 't' para o fator consórcio e análise de regressão para tempos de coleta. Observou-se lento acúmulo de matéria seca e nutrientes no milho nos dois sistemas de cultivo até VT (pendoamento). Após esse estágio, o acúmulo dos nutrientes obedeceu a ordem decrescente em R6 para o milho em consórcio: N>K>Mg>Ca>P>S e Fe>Zn>Mn>B>Cu, para o milho solteiro: N>K>Mg>P>Ca>S e Fe>Mn>Zn>B>Cu. O índice de colheita (IC) na matéria seca foi similar para ambos os sistemas de cultivo (0,23); o maior IC encontrando foi no P para o milho em consórcio (0,51) e para milho solteiro (0,43). O menor IC nos dois sistemas de cultivo foram observados para o Mn (0,05); na braquiária, os padrões de acúmulo foram os seguintes: braquiária em consórcio: N>K>Mg>Ca>P=S e Fe>Mn>Zn>Cu>B, braquiária solteira: K>N>Mg>Ca>P>S e Fe>Mn>Zn>B>Cu. No período de 11 ao 106 DAE, subsequente à colheita dos grãos de milho, a braquiária consorciada apresentou o seguinte padrão: N>K>Mg>S>Ca>P, enquanto na solteira, foi: K>N>Mg=Ca>P>S. Para os micronutrientes, o padrão foi o mesmo nos dois cultivos: Fe>Mn>Zn>B>Cu. A braquiária apresenta alteração na dinâmica e partição dos nutrientes quando cultivada em consórcio em relação à solteira.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. Extração. Exportação.

ACCUMULATION AND MARCH OF ABSORPTION OF MACRONUTRIENTS AND MICRONUTRIENTS IN THE CORN AND BRACHIARIA INTERCROPPING IN AN INTEGRATION SYSTEM OF CROP AND LIVESTOCK IN EASTERN MARANHENSE

ABSTRACT

Understanding the dynamics of nutrient absorption is of great importance for the success of the maize+brachiaria intercropping, as the yields in grains (maize) and plant biomass (brachiaria) will be defined based on the amount of nutrient uptake by plants. Thus, the aim of this work was to evaluate the nutrient accumulation of maize and brachiaria plants in single and intercrop cultivation. Two trials were carried out: a (i) comparison of intercropped x single maize and a (ii) comparison of intercropped x single brachiaria. Both trials were carried out in the field, at Barbosa Farm, Brejo, Maranhão, in randomized blocks design in split plots, with the plots being the crops and the subplots the sampling times, with 4 replications. The first trial with maize had 8 samplings at stages V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4 and R6 with an accumulation of degrees-days (DD) of 432, 820, 1202, 1490, 1766, 2061, 2343, 2665, 2981 respectively. In R6 stage, maize grains were collected yield estimation. At each maize collection, the following variables were evaluated: accumulation of dry matter in the partitions (leaf, stem, reproductive structures - straw, ear, cob, grains) and in the entire plant. Subsequently, the content and accumulation of the nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn and B were determined. The brachiaria trial was conducted for 13 sampling times, based on the days after emergence (DAE): 11, 25, 37, 50, 64, 78, 92, 106, 124, 159, 192, 221 and 278, with accumulated degree-days of 559, 807, 1031, 1277, 1541, 1789, 2067, 2329, 2672, 3273, 3859, 4402 and 5500 DD, respectively. We evaluated: the accumulation of dry matter in the entire plant and in the partitions (leaf, stem), the content and accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn and B. Specifically for the brachiaria trial, the plants were evaluated in two distinct periods: during intercropping with maize and after intercropping with maize. An analysis of variance was performed, and when significant the 't' test was performed for the cultivation system factor and regression analysis for collection times. A slow accumulation of dry matter and nutrients was observed in maize in both cropping systems up to VT (tillering). After this stage, the accumulation of nutrients followed the descending order in R6 for intercropped maize: N>K>Mg>Ca>P>S and Fe>Zn>Mn>B>Cu; for single maize: N>K>Mg>P>Ca>S and Fe>Mn>Zn>B>Cu. The harvest index (HI) in the dry matter was the same for both intercropped and single crops (0.23). The highest HI was observed for P, both for intercropped (0.51) and single maize (0.43). The lowest HI was observed for Mn in both intercropped species (0.05); in brachiaria the accumulation patterns were as follows: intercropped brachiaria= N>K>Mg>Ca>P=S and Fe>Mn>Zn>Cu>B; single brachiaria= K>N>Mg>Ca>P>S and Fe>Mn>Zn>B>Cu. In the period from 11 to 106 DAE, after the harvest of maize grains, the patterns were N>K>Mg>S>Ca>P for intercropped brachiaria and K>N>Mg=Ca>P>S for single brachiaria. For the micronutrients, the pattern was the same in both cultures: Fe>Mn>Zn>B>Cu. The brachiaria presents an alteration in the dynamics and partition of the nutrients when cultivated in intercrops, compared to single brachiaria.

Keywords: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. Extraction. Export.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental, na camada de 0-20 e 20-40 cm. Brejo, Maranhão, 2022.....	74
Tabela 2. Resumo da análise de variância em plantas de milho em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha ⁻¹). Brejo, Maranhão, 2022.....	80
Tabela 3. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para massa seca da folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos e massa seca total, ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R ²) no milho, ao longo seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022.....	82
Tabela 4. Taxa de crescimento relativo (TCR) da folha, colmo, órgãos reprodutivos (pendão, palha e sabugo), grãos e planta inteira de milho em consórcio e solteiro, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.....	83
Tabela 5. Resumo da análise de variância para acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	84
Tabela 6. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (mg) e enxofre (S) no colmo em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	85
Tabela 7. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (mg) e enxofre (S) nas estruturas reprodutivas (pendão, palha, sabugo) em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	85
Tabela 8. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (mg) e enxofre (S) nos grãos em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	86
Tabela 9. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na planta inteira (folha + colmo + estruturas reprodutivas + grãos) em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	87
Tabela 10. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos e total, coeficiente de determinação (R ²) no milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	87
Tabela 11. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em folhas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	92

Tabela 12. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em colmos de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	92
Tabela 13. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em estruturas reprodutivas (pendão + palha + sabugo) de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	93
Tabela 14. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em grãos de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	94
Tabela 15. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), na planta inteira (folha + colmo + estruturas reprodutivas + grãos) de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	95
Tabela 16. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de micronutrientes nos particionamentos folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos e na planta toda, coeficiente de determinação (R^2) no milho em consórcio e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	96
Tabela 17. Acúmulo de nutrientes associado à produção de matéria seca na cultura do milho em consórcio e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.....	100
Tabela 18. Resumo de análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}). Brejo, Maranhão, 2022.....	101
Tabela 19. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária consorciada e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....	102
Tabela 20. Estimativa dos parâmetros em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}). Brejo, Maranhão, 2022.....	102
Tabela 21. Resumo de análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}). Brejo, Maranhão, 2022.....	103
Tabela 22. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária consorciada e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....	104
Tabela 23. Estimativa dos parâmetros em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}). Brejo, Maranhão, 2022.....	105
Tabela 24. Taxa de crescimento relativo (TCR) da folha, colmo e planta inteira de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.....	106

- Tabela 25.** Taxa de crescimento relativo (TCR) da folha, colmo e planta inteira de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.....107
- Tabela 26.** Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nas folhas em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....108
- Tabela 27.** Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (mg) e enxofre (S), nos colmos em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....108
- Tabela 28.** Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (mg) e enxofre (S), na planta inteira em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....109
- Tabela 29.** Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de macronutrientes na braquiária em cultivo consorciado e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....110
- Tabela 30.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R^2) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022....112
- Tabela 31.** Resumo da análise de variância para os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B), nas folhas em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....117
- Tabela 32.** Resumo da análise de variância para os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B), nos colmos em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....118
- Tabela 33.** Resumo da análise de variância para os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B), na planta inteira em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....119
- Tabela 34.** Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de micronutrientes na braquiária em cultivo consorciado e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....120
- Tabela 35.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R^2) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022....122
- Tabela 36.** Acúmulo de nutrientes associado à produção de matéria seca na cultura da braquiária em consórcio e solteira durante o ciclo de cultivo do milho. Brejo, Maranhão, 2022.....125

- Tabela 37.** Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nas folhas em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....126
- Tabela 38.** Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nos colmos em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....127
- Tabela 39.** Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), na planta inteira em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....128
- Tabela 40.** Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de macronutrientes na braquiária em cultivo consorciado e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....129
- Tabela 41.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R^2) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022....131
- Tabela 42.** Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em folhas de braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....135
- Tabela 43.** Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em colmos de braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....136
- Tabela 44.** Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), na planta inteira (folha + colmo) de braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....137
- Tabela 45.** Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de micronutrientes na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....137
- Tabela 46.** Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R^2) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022....139
- Tabela 47.** Acúmulo de nutrientes associado à produção de matéria seca na cultura da braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....142
- Tabela 48.** Sugestão de adubação de reposição em integração lavoura-pecuária. Brejo, Maranhão, 2022.143
- Tabela 49.** Sugestão de adubação de reposição em milho solteiro e braquiária solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....145

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação do local de realização do ensaio experimental, Brejo, Maranhão, 2022.....72
- Figura 2.** Variação dos parâmetros climáticos, temperatura mínima, máxima e média do ar e precipitação diária durante o período experimental com início em fevereiro/2022 e fim em novembro/2022, obtidos em estação meteorológica instalada na Fazenda Barbosa, Brejo, Maranhão.....73
- Figura 3.** Croqui experimental dos ensaios realizados: (i) milho + braquiária, milho solteiro, (ii) milho + braquiária, braquiária solteira. Brejo, Maranhão, 2022.....75
- Figura 4.** Ciclo de integração lavoura-pecuária avaliada. Brejo, Maranhão, 2022.....76
- Figura 5.** Acúmulo e particionamento de matéria seca na cultura do milho em função da soma térmica e estágio fenológico. Brejo, Maranhão, 2022.....81
- Figura 6.** Acúmulo e particionamento de macronutrientes, em kg ha^{-1} , no milho (média do cultivo em consórcio e solteiro) durante o seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022.....91
- Figura 7.** Acúmulo e particionamento de micronutrientes, em kg ha^{-1} , no milho (média do cultivo em consórcio e solteiro) durante o seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....98
- Figura 8.** Acúmulo de matéria seca em (a) braquiária consorciada, (b) solteira (kg ha^{-1}) durante seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....103
- Figura 9.** Acúmulo de matéria seca em braquiária (média do cultivo em consórcio e solteira). Brejo, Maranhão, 2022.....105
- Figura 10.** Acúmulo e particionamento de macronutrientes, em kg ha^{-1} , na braquiária em consórcio e solteira durante o ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....115
- Figura 11.** Acúmulo e particionamento de micronutrientes, em kg ha^{-1} , na braquiária em consórcio e solteira durante o ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....124
- Figura 12.** Acúmulo e particionamento de macronutrientes, em kg ha^{-1} , na braquiária em consórcio e solteira durante o ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....133
- Figura 13.** Acúmulo e particionamento de micronutrientes, em kg ha^{-1} , na braquiária em consórcio e solteira durante o ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.....140

1 INTRODUÇÃO

Conhecer as taxas de absorção e de exportação de nutrientes nas culturas é de grande importância para o adequado suprimento de nutrientes, como a época de aplicação e a quantidade necessária para manter a fertilidade do solo. O equilíbrio nutricional da planta e o adequado manejo do aporte de nutrientes ao solo maximiza a expressão do potencial produtivo das cultivares, além de reduzir as perdas no sistema de cultivo (SILVA et al., 2018).

Muitos dos trabalhos com a cultura do milho no Brasil são oriundos de experimentos realizados em preparo convencional e com cultivares antigas, fora do mercado. A maioria das informações disponíveis nas tabelas oficiais de recomendação de fertilizantes não são atualizadas considerando os níveis de produtividade mais elevados das cultivares e dos sistemas de cultivo atuais, que também envolvem diversificação de culturas e plantio direto (SILVA et al., 2018).

O consórcio milho+braquiária evidenciou que a semeadura do capim simultaneamente ou após o milho não tem efeito sobre a produtividade de grãos (BORGUI et al., 2013), com a aplicação adequada de herbicida para o sistema de consórcio (CECCON et al., 2013). Contudo, o rendimento da forrageira ou da pastagem é reduzida em 20% quando a gramínea é semeada após o plantio do milho (BORGUI et al., 2013). Almeida et al. (2017) verificaram que os métodos de estabelecimento do consórcio não afetam o crescimento, rendimento de grãos e teor de N foliar do milho quando consorciado com gramínea forrageira.

O consórcio milho+braquiária é o principal sistema de produção de palhada e grãos na safrinha (CECCON, 2013), especialmente na região do Cerrado, onde a palhada exerce importante função auxiliando na manutenção da umidade, amenizando os efeitos da estiagem na entressafra, e na proteção do solo contra a erosão (SÁ et al., 2010). Nesse sistema de cultivo existe uma interferência interespecífica que pode ocasionar menor crescimento e desenvolvimento das espécies consorciadas e inviabilizar o sistema, como na competição por nutrientes (COSTA et al., 2012).

O nitrogênio (N) é o nutriente que as plantas de milho acumulam em maior quantidade, seguido do potássio (K) e fósforo (P). A maior parte do N e do K é acumulada antes do florescimento, quando o sistema radicular ainda é pouco desenvolvido (DUARTE et al., 2003); em um trabalho com híbridos de milho, Bender

et al. (2013) apresentaram os padrões de acúmulo de macronutrientes na seguinte ordem: $N > K > P > Mg > S$, enquanto para micronutrientes, foi a seguinte: $Fe > Mn > Zn > Cu > B$. Por isso, a elevada demanda por nutrientes até o florescimento pode intensificar a competição em cultivos consorciados. O conhecimento do comportamento das espécies em competição por fatores de produção é de grande importância para o êxito dos sistemas consorciados (COSTA et al., 2012).

De acordo com Braz et al. (2004), para a braquiária a ordem de extração de nutrientes foi $N > K > Ca > Mg > P$. Já Costa et al. (2008), observaram a seguinte sequência de extração de macronutrientes: $N = K > Ca > Mg > P > S$, para a mesma cultura. Primavesi et al. (2006), observaram maior extração de K do que N, seguidos de Ca, Mg, P e S em *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Santana et al. (2020) em trabalho com braquiária consorciada com eucalipto, apresentaram o seguinte padrão acúmulo de macronutrientes nas folhas: $N > Ca > Mg > K > P$ e nos colmos: $Ca > N > Mg > K > P$.

Para investigar a competição entre espécies de milho e braquiária, estudos são necessários avaliar e comparar o balanço de nutrientes no período de consorciação, em relação ao período de semeadura, densidade de plantas e avaliações de macro e micronutrientes em cultivo consorciado e solteiro. Dessa forma, o cultivo simultâneo de milho com braquiária pode causar limitações na absorção de nutrientes em uma dessas culturas, onde o milho pode interferir negativamente no desenvolvimento da gramínea e vice-versa. O objetivo desse trabalho foi determinar o acúmulo, a exportação e a extração de nutrientes em milho em consórcio e solteiro, e braquiária em consórcio e solteira, sob as condições edafoclimáticas do leste maranhense.

2 METODOLOGIA

2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento de campo foi realizado na Fazenda Barbosa, localizada no município de Brejo, Maranhão, Brasil ($03^{\circ}42'44''$ S; $42^{\circ}55'44''$ W), altitude 104 m (INMET, 2022). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo distroceso, textura franco-arenosa, e o bioma da região é do tipo Cerrado (Dantas et al., 2014, RESENDE et al., 2014). O clima da região é do tipo Aw' segundo a classificação de Köppen & Gerger, caracterizado por ser tropical com duas estações do ano bem definidas: a estação chuvosa de dezembro a junho e a estação seca de julho a novembro. A precipitação pluvial média anual é de 1.835 mm e a temperatura média anual é superior a $27,2^{\circ}\text{C}$ (PASSOS et al., 2016; SILVA et al., 2020). Na Fazenda, são desenvolvidos diferentes sistemas de manejo envolvendo o cultivo de milho e braquiária solteiros ou em consórcio (Figura 1).

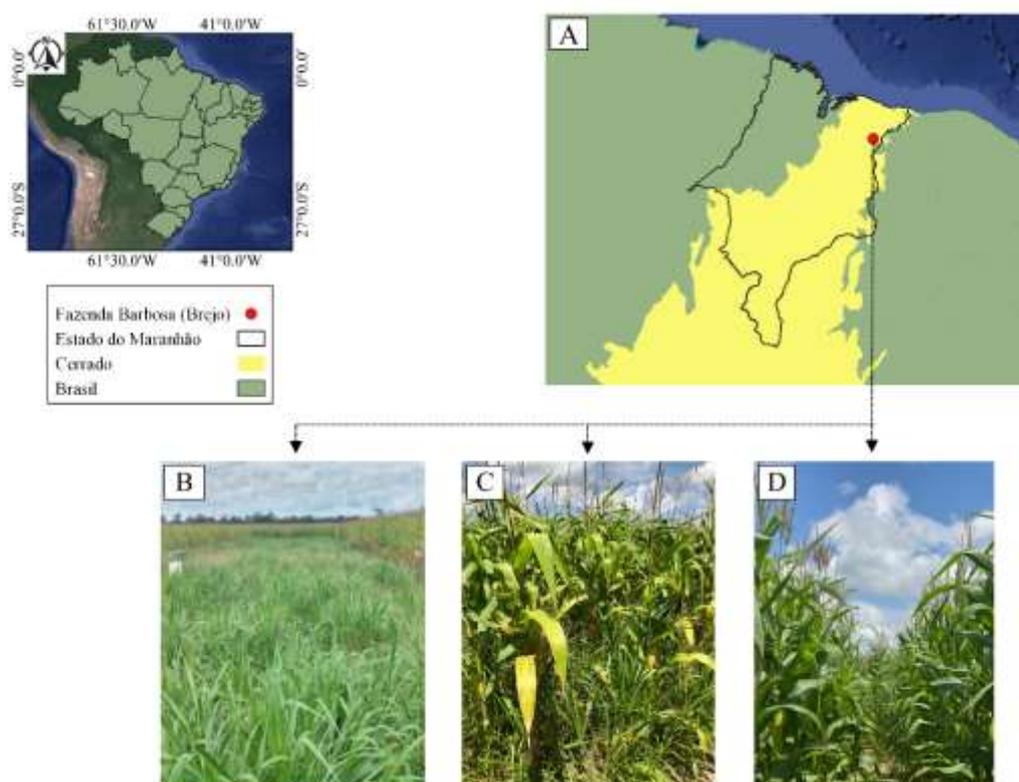


Figura 1. Representação do local de realização do ensaio experimental, Brejo, Maranhão, 2022, A – Estado do Maranhão, B – braquiária solteira, C- Milho consorciado com braquiária, D – milho solteiro.

Os dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima, em $^{\circ}\text{C}$) e de precipitação pluvial (mm) ao longo do ciclo de desenvolvimento do milho foram coletados de uma estação meteorológica instalada dentro da área experimental.

Após à colheita dos grãos de milho, os dados foram obtidos da estação meteorológica de Chapadinha, Maranhão (INMET, 2022). A precipitação total no período de fevereiro a novembro de 2022 foi de 1108 mm (Figura 2).

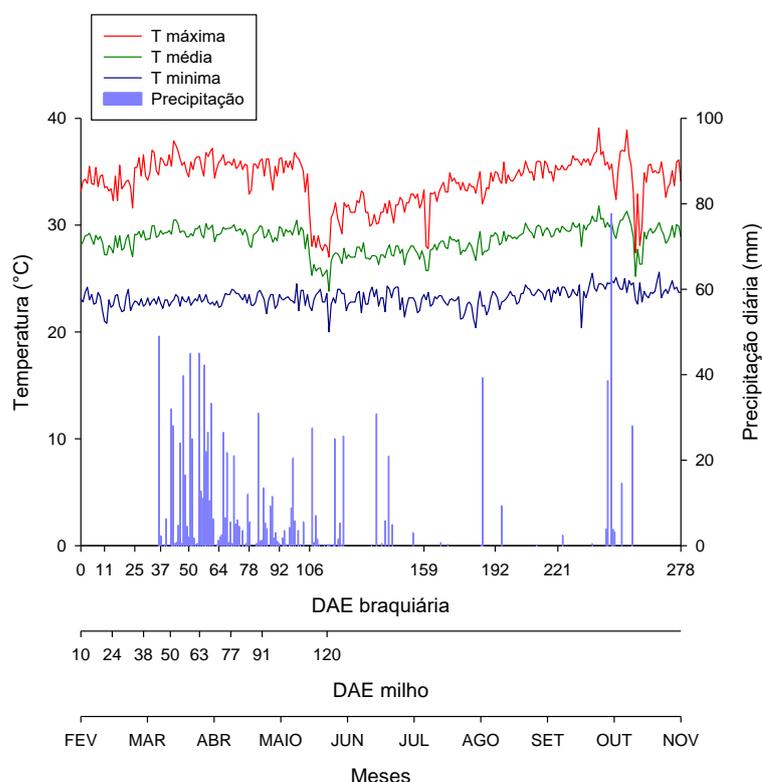


Figura 2. Variação dos parâmetros climáticos, temperatura mínima, máxima e média do ar e precipitação diária durante o período experimental com início em fevereiro/2022 e fim em novembro/2022, obtidos em estação meteorológica instalada na Fazenda Barbosa, Brejo, Maranhão.

2.2 Preparo do solo, plantio e tratamentos culturais

O experimento foi conduzido em sistema de plantio de sequeiro, com cultivo de milho e braquiária, ambos consorciados e isoladamente (Figura 3). Antes do plantio, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, para a caracterização química da fertilidade do solo na área experimental (Tabela 1), realizada de acordo com Teixeira et al. (2017). O plantio do milho e da braquiária foi realizado em 04 de fevereiro de 2022.

Ambas as culturas foram plantadas simultaneamente, porém o milho foi semeado com maquinário em fileiras espaçadas em 0,5 m, e plantas espaçadas em 0,25 m na linha, enquanto a braquiária foi semeada a lanço. O híbrido de milho utilizado nos dois sistemas de cultivo (solteiro e consorciado) foi o MS 3845 *status* – P3845VYHR (Pioneer® sementes), com tecnologia YHR e Leptra® que possui resistência às principais lagartas que atacam a cultura, e tolerância ao uso de herbicidas formulados

com glufosinato de amônio e glifosato; em ambos os sistemas de cultivo foi utilizada a cultivar de braquiária Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu). O stand total de plantas de milho foi aproximadamente 80.000 plantas ha⁻¹, enquanto para a braquiária, foram utilizados 6 kg ha⁻¹ de sementes.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental, na camada de 0-20 e 20-40 cm. Brejo, Maranhão, 2022.

Camada	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	m
cm		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----			cmol _c dm ⁻³ -----			%	
0-20	6,00	2,1	17,8	0,05	0,8	0,45	2,73	1,39	4,12	34	2
20-40	5,36	1,47	4,5	0,03	0,2	0,16	3,51	0,50	4,01	12	47
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S- SO ₄ ²⁻	Na	Al	Areia	Silte	Argila
	----- mg dm ⁻³ -----					cmol _c dm ⁻³			%		
0-20	0,09	12	0,39	2,11	0,1	5,4	0,01	0,04	77,17	15,59	7,24
20-40	0,05	203	0,02	0,51	0,1	6,3	0,01	0,44	72,45	19,57	7,98

pH em água; M.O. – Walkey e Black (oxidação via úmida); P; K; Na, Cu, Fe, Mn, Zn – Melich1 ou duplo ácido; Ca, Mg e Al – KCl; B- água quente. H+Al – Acetato de Ca, S – SO₄²⁻. Areia, silte, argila – método da pipeta; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V (%) – saturação de bases; m (%) – saturação por alumínio.

Antes do plantio das culturas houve a aplicação de 1,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (88% PRNT) e 0,5 t ha⁻¹ de gesso, ambos aplicados a lanço em área total. Na adubação de plantio foram utilizados 340 kg ha⁻¹ do formulado 12-30-00 NPK, aplicado diretamente na linha. A primeira adubação de cobertura foi realizada aos 7 DAE com 200 kg ha⁻¹ com a fórmula 10-00-30 NPK; a segunda adubação de cobertura foi feita aos 30 DAE com o uso de 200 kg ha⁻¹ da fórmula 10-00-30 NPK. A aplicação desses fertilizantes foi realizada de acordo com as operações padrão de plantio e manejo de fertilizantes da Fazenda Barbosa.

Para o controle de doenças e pragas, foram utilizados nos tratamentos com milho, uma calda composta por fungicida Cercobin® (1kg ha⁻¹), inseticida (300 ml ha⁻¹), Exclusive (adubo foliar), 200 ml ha⁻¹ do óleo mineral Iharol e redutor de pH TA35 25 ml ha⁻¹. Foi realizada uma aplicação aérea com: Piori extra 300 ml ha⁻¹, Procliam 200 g ha⁻¹, Nomolt 250 ml ha⁻¹, Engeo Pleno 250 ml ha⁻¹, Iharol 200ml ha⁻¹, 50 ml ha⁻¹ e redutor de pH TA50.

Nos tratamentos com braquiária consorciada e solteira, foi feita aos 15 dias após a semeadura, a aplicação do herbicida nicosulfuron Nortox® (200 ml ha⁻¹), atrazina FACERO® SC (3L ha⁻¹) e 50 ml ha⁻¹ de redutor de pH TA35; na segunda aplicação na braquiária foram utilizados Proclaim® 200ml ha⁻¹, Nomolt 250 ml ha⁻¹, Perito 200ml ha⁻¹

¹, Píriori 300 ml, 200 ml ha⁻¹ do óleo mineral Iharol e 50 ml ha⁻¹ do redutor de pH TA50, com o intuito de suprimir o crescimento da forrageira para que a mesma não afetasse a produtividade do milho e não houvesse grande competição interespecífica.

2.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foram realizados dois ensaios, ambos com delineamento experimental em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas (medidas repetidas no tempo) sendo: (i) para o primeiro ensaio, as parcelas foram compostas pelo milho consorciado com braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e o milho solteiro, e as subparcelas consistiram de oito tempos de coleta das plantas: V2, V6, V12, VT, R2, R3, R4, R6, conforme Ritchie et al. (2003). Considerando a fenologia do milho, em R6 foram coletados os grãos, sendo avaliados os parâmetros de rendimento da cultura

No para o segundo ensaio (ii), as parcelas foram compostas pela braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) consorciada com o milho e a braquiária solteira. As subparcelas consistiram de 13 tempos de coleta, sendo oito concomitantes com o ciclo de cultivo do milho: V6, V12, VT, R2, R3, R4, R6 e outras quatro, após a colheita do milho, considerando os meses posteriores (agosto, setembro, outubro e novembro). As coletas das plantas de braquiária no período do consórcio foram realizadas no mesmo dia que as coletas das plantas de milho. Para os ensaios foram empregados quatro blocos, conforme ilustrado na Figura 3.

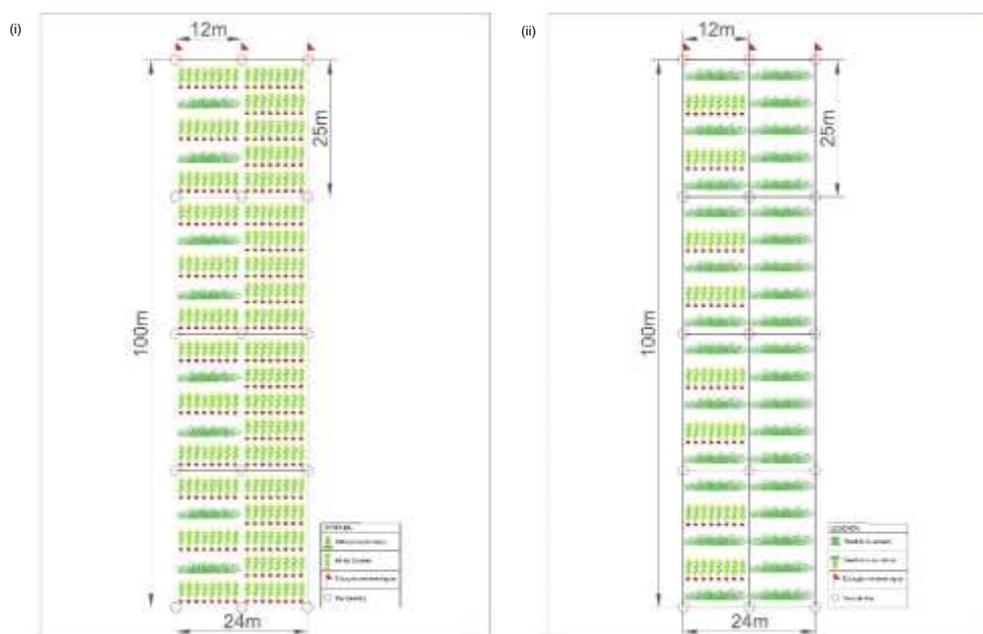


Figura 3. Croqui experimental dos ensaios realizados: (i) milho + braquiária, milho solteiro, (ii) milho + braquiária, braquiária solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Após à colheita do milho, as coletas da braquiária em ambos os sistemas (consorciado e solteiro) continuaram ocorrendo no período de junho a novembro. Nesse intervalo de tempo, a braquiária foi pastejada por bovinos entre julho e agosto (Figura 4). Na propriedade, ocorre rotação de piquetes, em que os animais ficam por vinte e oito dias em cada um, até a pastagem ser consumida, sendo então remanejados para outro piquete. Após a saída dos animais, houve rebrota da gramínea forrageira, a qual foi utilizada como cobertura do solo.

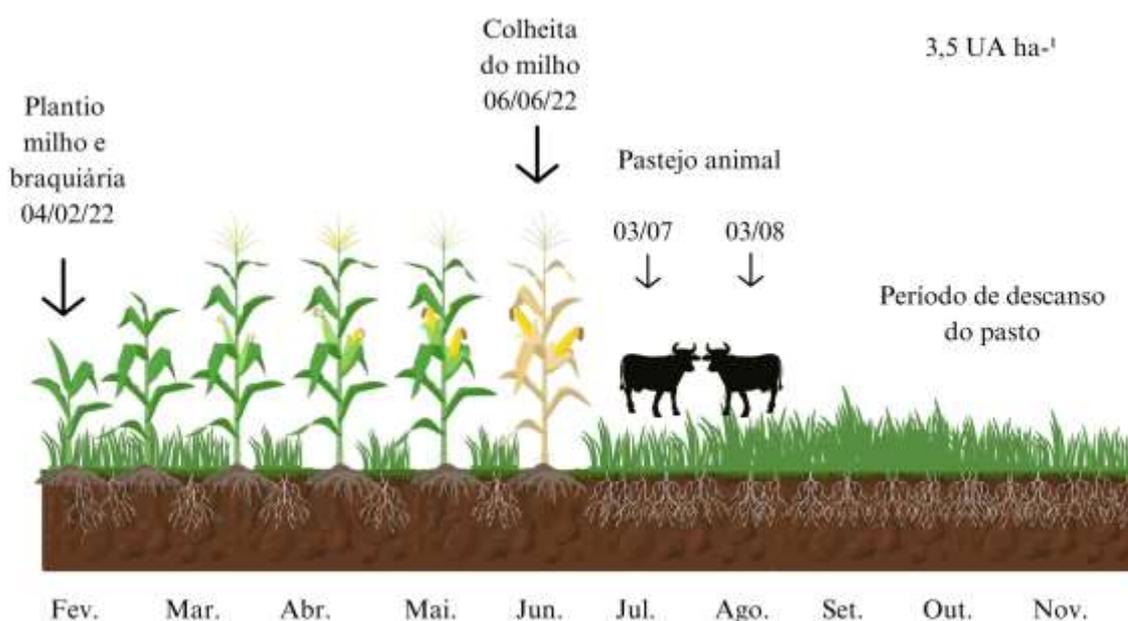


Figura 4. Ciclo de integração lavoura-pecuária avaliada. Brejo, Maranhão, 2022.

2.4 Variáveis resposta

Após a coleta do material vegetal no campo, as amostras foram particionadas em folhas, colmo, órgãos reprodutivos (pendão, palha e sabugo) e grãos para o milho, e em folha e colmo para a braquiária. As plantas (milho e forrageiras) foram lavadas em água corrente, água destilada com detergente neutro (0,1%), lavadas com ácido clorídrico (0,3%) e, novamente, com água destilada pura (BOARETTO et al., 2009), colocadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C (até peso constante).

Posteriormente foram determinadas as massas de matérias secas das partições e a massa da matéria seca da planta inteira (milho e braquiária), sendo obtida pelo somatório das massas dos respectivos órgãos.

Após obtida a massa da matéria seca, determinou-se a TCR (Taxa de crescimento relativo), de acordo com a metodologia de Benicasa (2003), através da seguinte equação:

$$\text{TCR (g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}) = \frac{(\ln \text{MS}_2 - \ln \text{MS}_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde:

TCR: Taxa de crescimento relativo;

ln: Logaritmo neperiano;

MS₁ e MS₂: As massas de matéria seca nos tempos inicial (t₁) e final (t₂) da avaliação.

As amostras de tecido vegetal foram moídas em moinho tipo *Wiley* a 1 mm e submetidas a análises químicas para a determinação dos teores de macro e micronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco) contidos na parte aérea das plantas em seus respectivos órgãos, conforme Bataglia et al. (1983).

O teor de nitrogênio (N) foi determinado pela metodologia de Kjeldahl (destilação sob arraste de vapor); o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) foram mineralizados por digestão nitroperclórica, sendo o teor de P determinado por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, e S por turbidimetria (BATAGLIA et al., 1983). Os micronutrientes, cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram mineralizados por digestão nitroperclórica, sendo o teor determinado por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de boro (B) no tecido vegetal, foi determinado pelo método de calcinação e extração por azometina-H (BATAGLIA et al., 1983).

O acúmulo de nutrientes por estágio fenológico para ambas as culturas foi calculado multiplicando-se o teor do nutriente pela massa seca de cada compartimento da planta (folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos), em cada coleta (acúmulo = teor x massa seca, kg ha⁻¹ ou g ha⁻¹)

O índice de colheita foi calculado a partir da relação do total de nutrientes acumulado pelo grão e o total contido na planta toda (somatório dos particionamentos).

Juntamente com a coleta final das plantas (após o milho), foram coletadas amostras de solo de cada parcela na profundidade de 0-20 cm. Para cada uma dessas amostras, foram realizadas as análises de fertilidade do solo (TEIXEIRA et al., 2017), fracionamento químico da matéria orgânica (TEIXEIRA et al., 2017), fracionamento de fósforo (TEIXEIRA et al., 2017) e fracionamento do nitrogênio inorgânico (TEIXEIRA et al., 2017).

2.5 Análise estatística

Considerando que o ensaio de braquiária apresenta duas condições distintas, sendo um período relativo ao consórcio (similar ao ensaio de milho) e outro relativo pós consórcio, os dados foram analisados como se fossem dois experimentos distintos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, em função da significância, foi utilizado o teste 't' para as parcelas e análise de regressão para as subparcelas, com auxílio do software estatístico Sirvar® versão 5.8 (FERREIRA, 2019). Foram empregados modelos não lineares, com parâmetros do modelo estimados usando a função de ajuste com curva dinâmica, onde foi escolhido o modelo que expressou significância estatística (para os parâmetros do modelo) e maior coeficiente de determinação (R^2), no programa SigmaPlot® versão 10.0 (*Systat Software, San Jose, CA*).

Os modelos: gaussiano, log normal e lorentzian utilizados para gerar as curvas de pico e o modelo sigmoide de 3 parâmetros da curva sigmoideal estão descritos nas equações abaixo (1, 2, 3, 4, respectivamente):

$$(1) y = ae^{-0,5\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2}$$

$$(2) y = ae^{-0,5\left(\frac{\ln\left(\frac{x}{x_0}\right)^2}{b}\right)}$$

$$(3) y = \frac{a}{1+\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2}$$

$$y = x_0 + a \cdot \exp(-b \cdot x) + c \cdot x$$

Onde:

y: variável de crescimento ou acúmulo;

a: valor máximo da variável (independe do modelo escolhido);

x_0 : valor de x no DAE que fornece o máximo valor para as equações de pico ou ponto de inflexão da curva em DAE para a equação sigmoideal;

b : amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo para as equações de pico ou taxa de crescimento ou acúmulo (média) para a equação sigmoidal.

A partir do modelo ajustado, foi possível determinar, com precisão, o valor do ponto de inflexão (PI) na curva de acordo com a equação:

(1) Equação: $PI = x_0 - b$

Matematicamente, o PI corresponde ao valor de x , em que a curvatura do modelo ajustado muda de sinal. Na prática, isso corresponde ao valor de x em DAE, no qual a taxa de acúmulo máximo diário, embora positivo, diminui.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acúmulo de matéria seca em plantas de milho

Na Tabela 2 observa-se que não houve diferença significativa para a interação entre cultivos e dias após a emergência para o acúmulo de matéria seca total e partições (folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos); para o fator cultivos, também não houve diferença entre o milho cultivado em consórcio ou solteiro. Entretanto, para DAE, houve incremento da massa seca para todas as partições analisadas e o somatório das mesmas (total). Houve lento acúmulo de matéria seca total até 50 dias após emergência (7.488 kg ha⁻¹ com o acúmulo de 1.490 graus-dia). A partir desse ponto, verificaram-se maiores incrementos em todos os órgãos da planta, principalmente nas estruturas reprodutivas e grãos, que representaram juntos, 65,04% da matéria seca total da planta no final do ciclo (Figura 5).

Tabela 2. Resumo da análise de variância em plantas de milho em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹). Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	MSF	MSC	MSER	MSG	MST
	kg ha ⁻¹				
MC	1.686a	4.899a	5.219a	1.998 a	13.841a
MS	1.756a	5.207a	5.257a	2.114 a	142.97a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
DAE					
10	59	31	-	-	91
24	1.032	555	-	-	1.587
38	1.853	1.887	90	-	3.831
50	1.937	4.630	920	-	7.488
63	2.749	8.665	8.980	1.079	21.474
77	2.005	9.861	12.175	4.791	28.833
91	2.231	9.541	11.152	5.854	28.779
105	1.900	5.255	8.589	4.725	20.471
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns
CV ₁ (%)	14,78	18,95	21,38	24,19	11,76
CV ₂ (%)	18,21	22,03	27,44	28,93	19,80

MSF – acúmulo matéria seca de folha, MSC – acúmulo de matéria seca de colmo, MSER – acúmulo de matéria seca de estruturas reprodutivas (pendão, palha e sabugo), MSG – acúmulo de matéria seca de grãos, MST – acúmulo de matéria seca total, MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ - coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

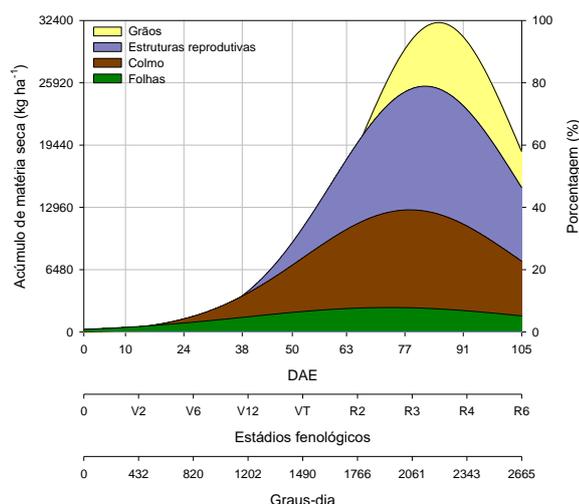


Figura 5. Acúmulo e particionamento de matéria seca na cultura do milho em função da soma térmica e estágio fenológico. Brejo, Maranhão, 2022.

Para todas as partições no acúmulo de matéria seca do milho (independentemente do cultivado em consórcio com braquiária ou solteiro), o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o gaussiano (Tabela 3). O acúmulo máximo de matéria seca nas folhas ocorreu aos 73 DAE (1.766 GD), após o estágio R1, com 2.539 kg ha⁻¹. No colmo, o maior acúmulo foi observado aos 78 DAE, após R2 (2.061 GD), com 10.490 kg ha⁻¹. Nas estruturas reprodutivas (pendão, palha e sabugo) e total, o maior acúmulo ocorreu aos 84 DAE, com 12.982 kg ha⁻¹. Nos grãos, o ponto máximo de acúmulo se deu aos 91 DAE com 6.328 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

Após o máximo valor estimado de cada parte da planta, há redução nos valores de matéria seca, principalmente nas folhas e colmos no início do estágio reprodutivo, devido à translocação de nutrientes para as estruturas reprodutivas, além da perda de material vegetal no campo, devido à senescência das estruturas (FERREIRA, 2021). No final do ciclo da planta, a matéria seca das folhas e do colmo representam 9,28% e 25,67% da matéria seca total, respectivamente.

No geral, os valores de acúmulo de matéria seca nesse trabalho foram semelhantes ao de outros autores que também estudaram híbridos de milho (Bender et al., 2013); em trabalhos realizado com seis híbridos de milho em Illinois, EUA, o maior acúmulo de matéria seca foi de 24.707 kg ha⁻¹. O aumento no rendimento de grãos tem sido acompanhado por um aumento no rendimento total de biomassa (LORENZ et al., 2010), pois é o acúmulo de biomassa que fornece a força motriz para a produção vegetal.

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para massa seca da folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos e total, ponto de inflexão (PI) e coeficiente de determinação (R^2) no milho, ao longo de seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022

Partições	Massa seca			Modelo		
	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾			PI	R^2	
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x ₀ ⁽⁴⁾			
	kg ha ⁻¹	-----DAE-----				
Folha	2.539**	34**	73**	39	0,89	Gaussiana
Colmo	10.490**	22**	78**	56	0,99	Gaussiana
Estrutura reprodutivas	12.982**	19**	84**	65	0,99	Gaussiana
Grãos	6.238**	16**	91**	75	0,99	Gaussiana
Total	30.754**	22**	84**	62	0,99	Gaussiana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em kg ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

** , * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente.

Em um estudo com 4 híbridos de milho no Brasil, Gutierrez et al. (2018) obtiveram valores de matéria seca de 23.555 kg ha⁻¹, 32.059 kg ha⁻¹, 23.429 kg ha⁻¹, e 23.465 kg ha⁻¹, que são valores semelhantes aos encontrados nesse trabalho. Santiani et al. (2020), em um trabalho com milho solteiro, verificaram rendimento de matéria seca em milho solteiro de 18.055 kg ha⁻¹ e em milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*, de 19.050 kg ha⁻¹.

Em um ensaio com milho em cultivo solteiro nas condições de Concórdia, Santa Catarina, Schuck et al. (2022) observaram acúmulo de matéria seca de 18.032 kg ha⁻¹ e, em milho consorciado com braquiária, de 16.561 kg ha⁻¹. Os dados evidenciam que o cultivo de milho em consórcio com a braquiária pode causar menor incremento de matéria seca para o milho, e se a gramínea não for bem manejada, podem ocorrer perdas na produtividade dos grãos.

Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo do milho em consórcio e solteiro foi maior para as folhas e o colmo entre os estádios V2–V6, apresentando 0,208 e 0,198 g g⁻¹ graus-dia⁻¹ para folhas, e 0,200 e 0,208 g g⁻¹ graus-dia⁻¹ para colmo, respectivamente. Para as estruturas reprodutivas, o maior período de crescimento observado foi entre V12–VT com 0,197 e 0,189 g g⁻¹ graus-dia⁻¹ para milho consorciado e solteiro, respectivamente, que é quando se dá o início do estágio reprodutivo; para os grãos, o maior incremento foi observado entre os estádios R2 – R3, com valores de 0,121 e 0,092 g g⁻¹ graus-dia⁻¹ para milho consorciado e solteiro, respectivamente.

Apesar dos valores próximos e mesmo período de máxima taxa de crescimento entre o milho consorciado e solteiro para os diferentes particionamentos da planta, verifica-se que o milho consorciado apresenta maior redistribuição de fotoassimilados, representados pelos valores negativos no estágio reprodutivo. Isto demonstra que há maior mobilização das reservas nas plantas de milho consorciadas do que nas solteiras, o que pode ser induzido pelo maior crescimento e desenvolvimento da forrageira, que coincide com o período de senescência do milho (Tabela 4).

Tabela 4. Taxa de crescimento relativo (TCR) da folha, colmo, órgãos reprodutivos (pendão, palha e sabugo), grãos e total de milho consorciado e solteiro, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.

Milho consórcio							
DAE	EF	Período	Folhas	Colmo	Estruturas reprodutivas	Grãos	Total
		Graus-dia	----- g g ⁻¹ graus-dia ⁻¹ -----				
10-24	V2-V6	432-820	0,208	0,200	-	-	0,205
24-38	V6-V12	820-1202	0,035	0,084	-	-	0,058
38-50	V12-VT	1202-1490	0,003	0,080	0,197	-	0,060
50-63	VT-R2	1490-1766	0,033	0,045	0,173	-	0,078
63-77	R2-R3	1766-2061	-0,040	-0,008	0,029	0,121	0,018
77-91	R3-R4	2061-2343	0,014	0,007	-0,020	0,004	-0,004
91-105	R4-R6	2343-2665	-0,010	-0,044	-0,017	-0,017	-0,024
Milho solteiro							
DAE	EF	Período	Folhas	Colmo	Estruturas reprodutivas	Grãos	Total
		Graus-dia	----- g g ⁻¹ graus-dia ⁻¹ -----				
10-24	V2-V6	432-820	0,198	0,208	-	-	0,202
24-38	V6-V12	820-1202	0,048	0,090	-	-	0,068
38-50	V12-VT	1202-1490	0,004	0,068	0,189	-	0,051
50-63	VT-R2	1490-1766	0,020	0,051	0,177	-	0,084
63-77	R2-R3	1766-2061	-0,006	0,025	0,012	0,092	0,023
77-91	R3-R4	2061-2343	0,001	-0,010	0,008	0,023	0,004
91-105	R4-R6	2343-2665	-0,012	-0,041	-0,019	-0,014	-0,024

DAE – dias após a emergência, EF – estágio fenológico.

Vale ressaltar, que para ambos os sistemas de cultivo ocorre redução no crescimento quando a planta entra no estágio reprodutivo, porque ela cessa seu crescimento e caminha para a maturidade fisiológica, mobilizando seus fotoassimilados para o enchimento de grãos (FERREIRA, 2021). De acordo com

Santos et al. (2013) a taxa de crescimento relativo é um índice de eficiência que representa a capacidade da planta de produzir nova biomassa vegetal.

3.2 Acúmulo de nutrientes em plantas de milho

O resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes nas folhas de milho mostra que não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo consórcio e solteiro e os dias após a emergência (DAE) para os macronutrientes. Também não houve diferença para o fator cultivo analisado de maneira isolada. Entretanto, houve significância para DAE em todos os macronutrientes (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
MC	22,35 a	2,93 a	36,36 a	5,70 a	3,90 a	3,04 a
MS	24,05 a	3,01 a	39,37 a	5,98 a	4,39 a	3,15 a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DAE						
10	2,19	0,24	2,80	0,13	0,11	0,21
24	27,34	3,20	47,88	3,26	2,42	2,44
38	36,12	3,90	76,59	4,63	3,82	2,99
50	28,89	3,33	55,98	3,47	3,94	3,32
63	33,31	3,93	47,64	8,20	6,99	6,37
77	19,93	2,46	28,98	7,51	4,32	3,70
91	17,97	3,39	27,48	10,19	5,93	2,96
105	19,86	3,30	15,66	9,34	5,70	2,78
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV ₁ (%)	21,49	46,52	75,13	49,66	46,50	86,96
CV ₂ (%)	29,33	34,99	42,70	40,69	27,58	56,74

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O resumo da análise de variância para acúmulo de macronutrientes no colmo de plantas de milho mostra que não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e DAE para os macronutrientes (Tabela 6). Entretanto, analisando de maneira isolada o fator cultivos, verificou-se diferença para N, Ca e Mg

,com o milho solteiro acumulando maiores quantidades que o milho consorciado. Para o fator DAE, todos os macronutrientes apresentaram significância (Tabela 6).

Tabela 6 Resumo da análise de variância para acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) no colmo em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
MC	17,95 b	8,07 a	80,11 a	4,20 b	8,54 b	2,80 a
MS	20,08 a	8,58 a	89,61 a	6,32 a	9,97 a	3,39 a
Teste F	**	ns	ns	**	**	ns
DAE						
10	1,01	0,16	2,05	0,07	0,09	0,06
24	10,17	2,39	38,93	1,36	1,96	0,83
38	19,42	5,64	63,32	3,21	4,71	0,85
50	20,58	9,67	86,89	3,31	7,14	2,78
63	23,06	14,52	118,42	5,75	12,42	4,66
77	36,16	10,45	133,72	13,72	17,25	4,45
91	21,42	17,34	181,09	5,72	16,49	5,80
105	20,46	6,42	54,47	8,96	14,02	5,36
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	13,83	72,61	28,40	29,38	16,79	34,00
CV2(%)	30,85	40,20	30,21	54,94	28,29	54,90

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas em plantas de milho mostra que não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e DAE para os macronutrientes (Tabela 7). Para o fator cultivo, houve diferença para o Mg, com maior acúmulo no cultivo solteiro em relação ao consorciado. Para o fator DAE, todos os macronutrientes apresentaram diferença significativa.

Tabela 7. Resumo de análise de variância para acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas estruturas reprodutivas (pendão, palha, sabugo) em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
MC	26,21 a	5,67 a	32,60 a	2,92 a	5,85 b	4,66 a
MS	26,37 a	5,74 a	34,93 a	3,48 a	6,68 a	5,01 a

Teste F	ns	ns	ns	ns	**	ns
DAE						
38	2,09	0,42	2,09	0,07	0,11	0,17
50	11,29	2,61	13,64	0,39	0,98	1,13
63	59,19	16,12	80,18	3,80	11,14	7,68
77	53,59	13,79	96,67	6,69	13,40	9,39
91	46,65	7,72	58,52	7,73	13,71	10,47
105	37,51	4,99	19,22	6,92	10,81	9,87
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	9,70	16,73	24,85	26,60	15,51	41,28
CV2(%)	30,17	42,67	33,13	77,02	36,52	23,58

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

No resumo da análise de variância para acúmulo de macronutrientes nos grãos, verifica-se que não houve diferença para a interação sistemas de cultivo x DAE (Tabela 8). Para o fator cultivos, também não houve diferença para os acúmulo de nutrientes nos grãos. Contudo, para o fator DAE houve diferença significativa para todos os macronutrientes nos grãos. Quando analisado o acúmulo de macronutrientes em toda a planta de milho, verifica-se resultado análogo ao constatado para o acúmulo de nutrientes nos grãos (Tabela 9).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nos grãos em plantas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
MC	20,15 a	5,86 a	7,17 a	0,77 a	1,65 a	1,63 a
MS	20,66 a	6,06 a	7,56 a	0,81 a	1,72 a	2,21 a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DAE						
63	15,54	2,28	5,09	0,46	0,78	2,02
77	46,48	12,84	17,14	1,80	4,09	3,64
91	54,82	18,41	20,65	2,13	4,73	4,91
105	47,46	14,20	16,06	1,96	3,95	4,81
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	34,03	24,32	29,90	30,60	21,65	63,71
CV2(%)	34,96	36,12	25,29	63,79	32,39	77,75

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 9 verificou-se que o máximo acúmulo de N na planta inteira foi observado aos 77 DAE (estágio R3); a maior parte do P, K e Mg foi acumulada aos 91 DAE (estágio R4); no Ca, observou-se que o maior acúmulo ocorreu aos 77 DAE (estágio R3); para o S, o maior acúmulo no milho consorciado ocorreu aos 105 DAE (estágio R6).

Tabela 9. Resumo de análise de variância para acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na planta inteira (folha + colmo + estruturas reprodutivas + grãos) de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
MC	88,53 a	22,89 a	156,26 a	14,15 a	20,04 a	12,61 a
MS	89,31 a	23,05 a	170,03 a	16,03 a	22,71 a	13,31 a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DAE						
10	3,19	0,41	4,85	0,19	0,20	0,27
24	37,50	5,59	86,82	4,62	4,37	3,26
38	57,63	9,97	142,00	7,90	8,65	4,01
50	60,75	15,62	150,53	7,17	12,05	7,23
63	130,11	36,86	251,33	18,21	31,33	20,74
77	156,17	39,55	276,48	29,71	39,05	21,19
91	140,69	46,87	287,72	25,76	40,86	24,14
105	125,30	28,92	105,41	27,18	34,48	26,59
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	9,84	32,23	21,97	27,87	18,13	13,55
CV2(%)	21,15	25,85	22,03	32,66	23,68	28,04

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 10 verificou-se que para todas as partições (folhas, colmo, estruturas reprodutivas e grãos), o modelo que melhor se ajustou aos dados de N, P, K Ca, Mg, S foi a equação Gaussiana, com coeficiente de determinação acima de 0,71.

Tabela 10. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos e

total, coeficiente de determinação (R^2) no milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Nitrogênio						
Parâmetros do modelo ⁽¹⁾						
Partições	a ⁽²⁾ kg ha ⁻¹	b ⁽³⁾	x0 ⁽⁴⁾	PI	R ²	Modelo
		DAE				
Folha	33**	31**	56**	25	0,68	Gaussiana
Colmo	29**	33**	75**	42	0,84	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	59**	21*	80**	59	0,81	Gaussiana
Grãos	57 ^{ns}	19 ^{ns}	92**	73	0,96	Gaussiana
Total	153**	31**	84**	53	0,96	Gaussiana
Fósforo						
Folha	3,8**	40*	68**	28	0,63	Gaussiana
Colmo	14**	27**	76**	49	0,81	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	16*	15*	72*	57	0,84	Gaussiana
Grãos	19*	15 ^{ns}	92*	77	0,98	Gaussiana
Total	45**	25**	83**	58	0,97	Gaussiana
Potássio						
Folha	66**	23**	47**	24	0,78	Gaussiana
Colmo	149**	27**	77**	50	0,81	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	102**	15**	75**	60	0,97	Gaussiana
Grãos	22 ^{ns}	17 ^{ns}	91*	74	0,97	Gaussiana
Total	282**	27**	74**	47	0,91	Gaussiana
Cálcio						
Folha	9,6**	42**	78**	36	0,92	Gaussiana
Colmo	9,9**	27*	84**	57	0,71	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	8,1**	21**	92**	71	0,97	Gaussiana
Grãos	2,3 ^{ns}	29 ^{ns}	93*	64	0,94	Gaussiana
Total	29**	30**	91**	61	0,95	Gaussiana
Magnésio						
Folha	6,2**	39**	82**	43	0,84	Gaussiana
Colmo	17**	28**	86**	58	0,99	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	15**	21*	86**	65	0,91	Gaussiana
Grãos	5,1 ^{ns}	17 ^{ns}	92*	75	0,93	Gaussiana
Total	42**	26**	87**	61	0,99	Gaussiana
Enxofre						
Folha	4,8**	29**	66**	37	0,81	Gaussiana
Colmo	5,7**	33**	92**	59	0,95	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	11**	24*	90**	66	0,93	Gaussiana
Grãos	5,1**	25**	97**	72	0,99	Gaussiana
Total	25**	29**	90**	61	0,96	Gaussiana

MC – milho consórcio, MS – milho solteiro.

(1) Valores representam a média das avaliações da cultivar.

(2) Valor máximo observado em kg ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pela análise de regressão não linear, respectivamente.

Os padrões de absorção para cada um dos nutrientes apresentam quantidades, tempo e partição nutricional nos diferentes órgãos da planta (Tabelas 5, 6, 7, 8,9 e Figura 6), onde cada nutriente exibiu um modelo de absorção específico e associado ao estágio de crescimento vegetativo ou reprodutivo. Quantidades próximas ou superiores a 40% de N, P, K, Ca, Mg, S foram acumuladas até o florescimento (estádio VT) do milho, na média de ambos os sistemas de cultivo (Figura 6).

Os nutrientes de rápida absorção, que são exigidos em maiores quantidades durante a fase vegetativa, desempenham papel fundamental no crescimento da planta. Apesar disso, os nutrientes que são absorvidos em maior quantidade após o florescimento, suprem necessidades ao longo do restante do ciclo (SILVA et al., 2018). Desse modo, verifica-se que os elementos absorvidos mais tardiamente (P, S e Zn) são os mais exportados pela cultura, juntamente com o N (Figura 6).

O ponto de máxima absorção de N nas folhas foi aos 56 DAE com 33 kg ha⁻¹, nos colmos aos 75 DAE com 29 kg ha⁻¹, nas estruturas reprodutivas aos 80 DAE com 59 kg ha⁻¹, nos grãos aos 92 DAE com 57 kg ha⁻¹, e total aos 84 DAE com 153 kg ha⁻¹ (Tabela 10).

No milho, 46% do N foi absorvido até o pendoamento (Figura 6), que foi o período de maior absorção deste nutriente pelas folhas. No estágio R6, 38% do N absorvido estava presente nos grãos. Esses valores são inferiores aos resultados encontrados por Bender et al. (2013), em que 65% do N foi absorvido até VT. A exportação de N nos grãos de milho foi de 45,41 no consórcio e de 49,51 kg ha⁻¹ em milho solteiro. A maior parte do N estava presente nas estruturas reprodutivas e nos grãos (Tabela 10, Figura 6).

Makino et al. (2019) observaram que o N está entre os nutrientes mais absorvidos pelo milho e pela braquiária e, em sistemas de consórcio, a grande exigência deste nutriente pode levar à competição e reduzir sua concentração a valores críticos (FIORENTIN et al., 2012; COSTA et al., 2012). Dessa forma, quanto mais próximas morfofisiologicamente são as espécies, mais similares são as exigências em relação aos fatores de crescimento, intensificando a competição por nutrientes disponíveis no sistema de cultivo.

O ponto de máxima absorção de P nas folhas ocorreu aos 68 DAE, com 3,8 kg ha⁻¹; nos colmos, ocorreu aos 76 DAE, com 14 kg ha⁻¹; nas estruturas reprodutivas, ocorreu aos 72 DAE, com 16 kg ha⁻¹; nos grãos, ocorreu aos 92 DAE, com 19 kg ha⁻¹; o máximo acúmulo total de P se deu aos 83 DAE, com 45 kg ha⁻¹ (Tabela 10). Observou-se pouco acúmulo de P até VT (23%) e a maior parte do P esteve presente nos colmos, estruturas reprodutivas e grãos (Figura 6) ao final do ciclo de cultivo.

O ponto de máxima absorção de K nas folhas ocorreu aos 47 DAE, com 66 kg ha⁻¹; nos colmos, ocorreu aos 77 DAE, com 149 kg ha⁻¹; nas estruturas reprodutivas se deu aos 75 DAE, com 102 kg ha⁻¹; nos grãos ocorreu aos 91 DAE, com 22 kg ha⁻¹; o máximo acúmulo total de K se deu aos 74 DAE, com 282 kg ha⁻¹ (Tabela 10). O K tem importante papel na abertura e fechamento dos estômatos e, por isso, tem rápida absorção. A maior parte desse nutriente esteve presente nos colmos (Figura 6). No milho 50% do K foi absorvido até o pendoamento.

O ponto de máxima absorção de Ca se deu aos 78 DAE nas folhas (9,6 kg ha⁻¹), aos 84 DAE nos colmos (9,9 kg ha⁻¹), aos 92 DAE nas estruturas reprodutivas (8,1 kg ha⁻¹), aos 93 DAE nos grãos (2,3 kg ha⁻¹) e aos 91 DAE na biomassa total (29 kg ha⁻¹) (Tabela 10). O Ca por ser um nutriente com baixa mobilidade (PRADO, 2020) tem uma baixa redistribuição na planta, conforme observado na Figura 6. Este nutriente esteve presente em maior quantidade nas folhas e nos colmos.

O ponto de máxima absorção de Mg nas folhas foi aos 82 DAE (6,2 kg ha⁻¹), nos colmos aos 86 DAE (17 kg ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 86 DAE (15 kg ha⁻¹), nos grãos aos 92 DAE (5,1 kg ha⁻¹), e na biomassa total aos 87 DAE (42 kg ha⁻¹) (Tabela 10). A maior parte do Mg esteve concentrada nos colmos e nas estruturas reprodutivas (Figura 6).

O ponto de máxima absorção de S nas folhas foi aos 66 DAE (4,8 kg ha⁻¹), nos colmos aos 92 DAE (5,7 kg ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 90 DAE (11 kg ha⁻¹), nos grãos aos 97 DAE (5,1 kg ha⁻¹), e na biomassa total aos 90 DAE (25 kg ha⁻¹) (Tabela 10). A maior parte do S esteve presente nas estruturas reprodutivas durante o desenvolvimento do milho (Figura 6).

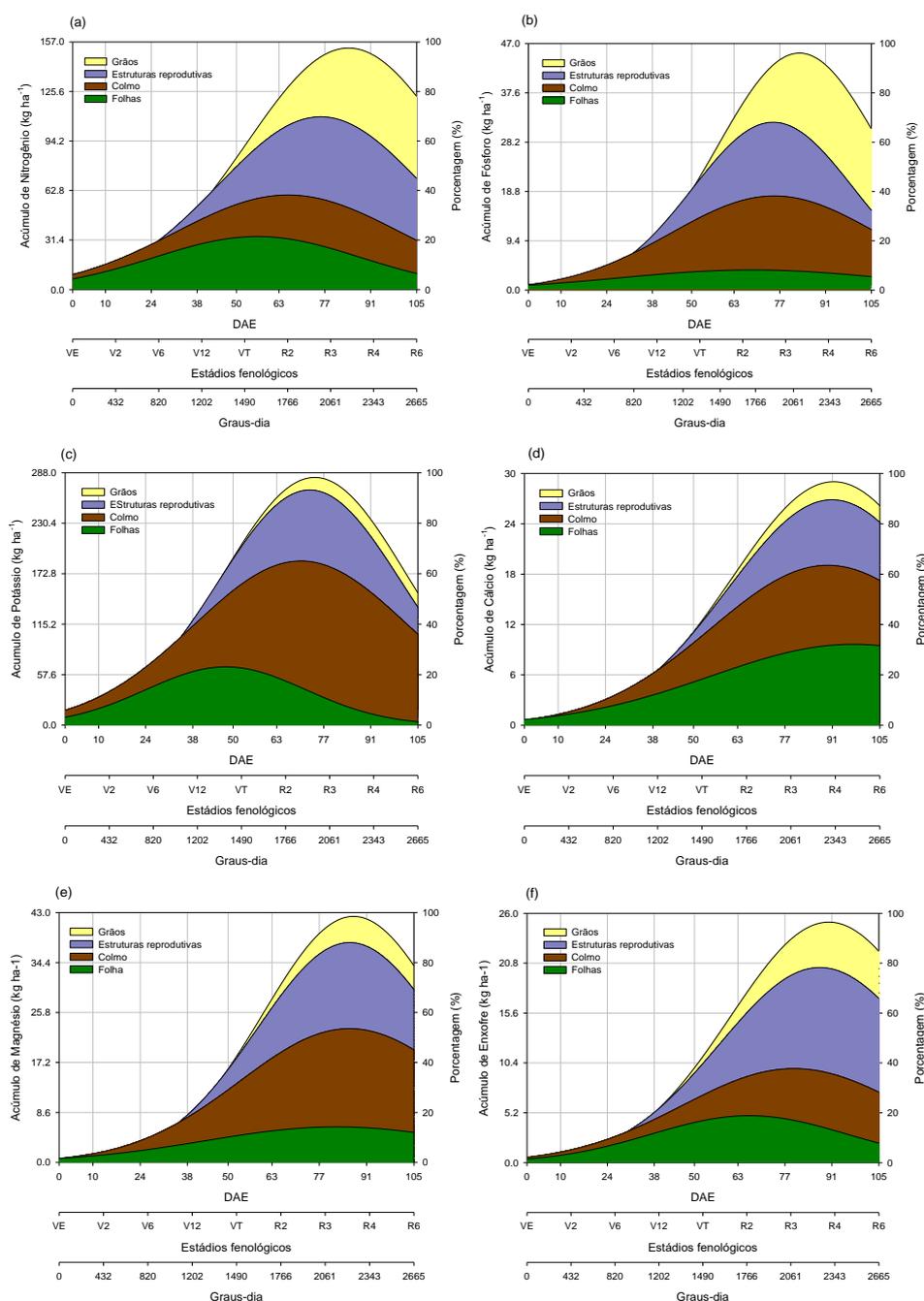


Figura 6. Acúmulo e particionamento de macronutrientes, em kg ha⁻¹, no milho (média do cultivo em consórcio e solteiro) durante o seu ciclo. Brejo, Maranhão, 2022.

Os padrões de assimilação de minerais no milho variam com o tempo, taxa e duração da absorção, bem como, com os tecidos nos quais os nutrientes são particionados. Além disso, os nutrientes exibem vários graus de mobilidade dentro da planta, uma vez assimilados em um determinado tecido (BENDER et al., 2013).

O resumo da análise de variância evidenciou que não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e os dias após a emergência (DAE) para os micronutrientes acumulados na folha de plantas de milho para Zn, Mn, B (Tabela 11),

exceto para Cu e Fe. Analisando isoladamente cada um dos fatores, para cultivos não houve diferença para o acúmulo de micronutrientes nas folhas e resultado oposto foi verificado para o fator DAE.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), e boro (B), em folhas de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
MC	15 a	295 a	64 a	71 a	25 a
MS	15 a	299 a	66 a	75 a	26 a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
DAE					
10	0,37	11,76	1,02	1,31	1,35
24	8,62	224,28	81,46	73,72	13,57
38	11,23	266,41	65,76	60,06	16,36
50	18,03	282,15	80,77	66,65	30,38
63	27,99	574,59	122,30	123,19	45,97
77	21,76	373,98	58,61	94,91	30,30
91	15,60	350,39	63,14	85,15	38,99
105	21,86	297,49	51,80	82,55	29,97
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	ns	ns	ns
CV1(%)	22,51	14,84	21,96	26,63	39,12
CV2(%)	24,27	26,87	34,46	34,11	32,84

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV₁ - coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O resumo da análise de variância para acúmulo de micronutrientes no colmo de plantas de milho evidenciou que não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e os dias após a emergência (DAE) para Cu, Zn e B (Tabela 12), exceto para Fe e Mn. Analisando o fator sistemas de cultivos de maneira isolada, observou-se diferença para acúmulo de Fe e Mn no colmo de plantas de milho, com maiores valores verificados no milho solteiro. Com relação ao fator DAE, todos os micronutrientes apresentaram significância para acúmulo no colmo.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B) em colmos de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
MC	12 a	610 b	112 a	99 b	40 a

MS	16 a	698 a	114 a	134 a	40 a
Teste F	ns	**	ns	**	ns
DAE					
10	0,19	6,91	0,67	0,55	1,39
24	3,98	59,80	28,52	15,77	7,37
38	8,60	152,92	99,31	31,36	11,82
50	5,49	1170,78	131,76	53,45	20,56
63	25,04	1086,19	156,32	145,14	51,71
77	29,95	1352,57	218,24	318,86	77,57
91	22,17	688,70	151,07	182,09	89,22
105	20,79	716,81	122,43	188,81	62,95
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	**	ns	**	ns
CV1(%)	89,91	17,03	52,27	8,20	9,45
CV2(%)	75,4	36,41	37,54	42,57	39,38

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV - coeficiente de variação CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O resumo da análise de variância para acúmulo de micronutrientes nas estruturas reprodutivas de plantas de milho evidenciou que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e os dias após a emergência (DAE) para Cu, Zn, Mn e B (Tabela 13), exceto para Fe. Analisando o fator sistemas de cultivos de maneira isolada, houve diferença para acúmulo de Fe e Mn no colmo de plantas de milho, com maiores valores verificados no milho solteiro. Com relação ao fator DAE, todos os micronutrientes apresentaram significância para acúmulo no colmo.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), e boro (B), em estruturas reprodutivas (pendão + palha + sabugo) de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	g ha ⁻¹				
	Cu	Fe	Zn	Mn	B
MC	44 a	506 a	175b	135 a	39 a
MS	45a	515a	245 a	146a	41 a
Teste F	ns	ns	**	ns	ns
DAE					
38	0,67	8,56	5,97	1,88	1,19
50	7,00	51,67	35,79	14,48	8,37
63	65,64	706,94	351,70	219,12	58,06
77	97,15	1116,69	480,16	294,77	85,92
91	102,47	1343,66	433,37	315,37	105,47

105	87,40	858,77	374,12	283,53	64,19
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	**	ns	**	**	**
CV1(%)	14,49	34,05	28,79	20,56	47,13
CV2(%)	22,59	43,16	35,65	24,81	36,58

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV1 – coeficiente de variação da parcela, CV2 – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O resumo da análise de variância para acúmulo de micronutrientes nos grãos de plantas de milho evidenciou que não houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e os dias após a emergência (DAE) para todos os micronutrientes analisados (Tabela 14). Analisando o fator sistemas de cultivos de maneira isolada, não houve diferença acúmulo de micronutrientes no colmo de plantas de milho, entretanto resultado oposto foi verificado para o fator DAE.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), e boro (B), em grãos de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
MC	10 a	34 a	44 a	11 a	6,8 a
MS	10 a	42 a	45 a	13 a	10 a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
DAE					
63	7,10	49,23	28,11	11,15	2,41
77	17,75	91,33	109,89	27,70	20,34
91	25,22	95,62	119,34	31,05	25,39
105	33,89	73,36	103,94	29,52	19,49
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	42,41	42,62	15,84	46,63	66,4
CV2(%)	44,47	47,42	26,56	36,36	64,77

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV1 – coeficiente de variação da parcela, CV2 – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O resumo da análise de variância para acúmulo de micronutrientes nas plantas de milho (somatório de todos os particionamentos) evidenciou que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo e os dias após a emergência (DAE) para Fe e Mn (Tabela 15), exceto para Cu, Zn e B. Analisando o fator sistemas de cultivos de maneira isolada, houve diferença também para acúmulo de Fe e Mn em plantas de

milho, com maiores valores verificados no milho solteiro. Porém, Cu, Fe, e B não apresentaram diferenças. Com relação ao fator DAE, todos os micronutrientes apresentaram significância para acúmulo total.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), e boro (B), na planta inteira (folha + colmo + estruturas reprodutivas + grãos) de milho consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
MC	83 a	1.455 b	401 a	321 b	113 a
MS	87 a	1.547 a	467 a	366 a	116 a
Teste F	ns	**	ns	**	ns
DAE					
10	0,56	18,67	1,69	1,85	2,74
24	12,59	284,08	109,97	89,48	20,94
38	20,50	427,89	171,04	93,30	29,38
50	30,51	1504,59	248,32	134,58	59,31
63	125,76	2416,96	658,42	498,60	158,16
77	166,61	2934,56	866,91	736,24	214,13
91	165,45	2478,37	766,91	613,66	259,07
105	163,94	1946,43	652,29	584,40	176,70
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	ns	**	ns	**	ns
CV1(%)	9,35	6,55	24,93	2,84	26,00
CV2(%)	23,01	25,03	24,78	24,37	26,70

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV1 – coeficiente de variação da parcela, CV2 – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 16 verificou-se que os parâmetros do modelo para o acúmulo de micronutrientes nas partições da planta de milho ajustaram-se às variáveis do modelo empregado, com coeficientes de determinação acima de 0,69.

O ponto de máxima absorção de Cu nas folhas ocorreu aos 75 DAE (24 g ha⁻¹), nos colmos aos 82 DAE (28 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 89 DAE (111 g ha⁻¹), nos grãos aos 114 DAE (35 g ha⁻¹), e na biomassa total aos 90 DAE (183 g ha⁻¹) (Tabela 16).

No milho em consórcio o ponto de máxima absorção de Fe nas folhas foi aos 71 DAE (413 g ha⁻¹), nos colmos aos 67 DAE (1.415 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 85 DAE (1.318 g ha⁻¹), nos grãos aos 89 DAE (97 g ha⁻¹), na

biomassa total aos 77 DAE (2.841 g ha⁻¹) (Tabela 16). No milho solteiro o ponto de máxima absorção de Fe nas folhas foi aos 71 DAE (509 g ha⁻¹), nos colmos aos 78 DAE (1.317 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 89 DAE (1.441 g ha⁻¹), nos grãos aos 86 DAE (102 g ha⁻¹), na biomassa total aos 83 DAE (3.116 g ha⁻¹) (Tabela 16).

O ponto de máxima absorção de Zn nas folhas foi aos 61 DAE (97 g ha⁻¹), nos colmos aos 76 DAE (195 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 85 DAE (508 g ha⁻¹), nos grãos aos 91 DAE (130 g ha⁻¹), e total aos 84 DAE (866 g ha⁻¹) (Tabela 16).

No milho em consórcio o ponto de máxima absorção de Mn nas folhas foi aos 78 DAE (102 g ha⁻¹), nos colmos aos 91 DAE (239 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 85 DAE (313 g ha⁻¹), nos grãos aos 90 DAE (34 g ha⁻¹), e na biomassa total aos 88 DAE (650 g ha⁻¹) (Tabela 16). No milho solteiro o ponto de máxima absorção de Mn nas folhas foi aos 72 DAE (107 g ha⁻¹), nos colmos aos 75 DAE (415 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 92 DAE (391 g ha⁻¹), nos grãos aos 99 DAE (33 g ha⁻¹), e total aos 84 DAE (810 g ha⁻¹) (Tabela 16).

O ponto de máxima absorção de B nas folhas foi aos 76 DAE (41 g ha⁻¹), nos colmos aos 87 DAE (88 g ha⁻¹), nas estruturas reprodutivas aos 87 DAE (106 g ha⁻¹), nos grãos aos 91 DAE (27 g ha⁻¹), e na biomassa total aos 86 DAE (250 g ha⁻¹) (Tabela 16).

Tabela 16. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de micronutrientes nos particionamentos folha, colmo, estruturas reprodutivas, grãos e na planta toda, coeficiente de determinação (R²) no milho em consórcio e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cobre						
Partições	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾			PI	R ²	Modelo
	a ⁽²⁾ g ha ⁻¹	b ⁽³⁾ DAE	x0 ⁽⁴⁾			
Folha	24**	33**	75**	42	0,84	Gaussiana
Colmo	28**	25**	82**	57	0,88	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	111**	21**	89**	68	0,95	Gaussiana
Grãos	35 ^{ns}	30 ^{ns}	114 ^{ns}	84	0,99	Gaussiana
Total	183**	26**	90**	64	0,97	Gaussiana
Ferro						
Folha MC	413**	38**	71**	33	0,57	Gaussiana
Folha MS	509**	27**	71**	44	0,84	Gaussiana
Colmo MC	1415**	19**	67**	48	0,84	Gaussiana
Colmo MS	1317**	26**	78**	52	0,82	Gaussiana
Est. Rep. MC	1318**	19**	85**	66	0,93	Gaussiana

Est. Rep. MS	1441**	17**	89**	72	0,99	Gaussiana
Grãos MC	97 ^{ns}	19 ^{ns}	89**	70	0,91	Gaussiana
Grãos MS	102**	25**	86**	61	0,99	Gaussiana
Total MC	2841**	24**	77**	53	0,97	Gaussiana
Total MS	3116**	25**	83**	58	0,98	Gaussiana
Zinco						
Folha	97**	31**	61**	30	0,69	Gaussiana
Colmo	195**	28**	76**	48	0,94	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	508**	21*	85**	64	0,91	Gaussiana
Grãos	130 ^{ns}	18 ^{ns}	91*	73	0,91	Gaussiana
Total	866**	25**	84**	59	0,98	Gaussiana
Manganês						
Folha MC	102**	44**	78**	34	0,60	Gaussiana
Folha MS	107**	33**	72**	39	0,66	Gaussiana
Colmo MC	239**	20**	91**	71	0,97	Gaussiana
Colmo MS	415**	12**	75**	63	0,77	Gaussiana
Est. Rep. MC	313**	22**	85**	63	0,79	Gaussiana
Est. Rep. MS	391**	20**	92**	72	0,99	Gaussiana
Grãos MC	34 ^{ns}	18 ^{ns}	90 ^{ns}	72	0,82	Gaussiana
Grãos MS	33**	29**	99**	70	0,99	Gaussiana
Total MC	650**	27**	88**	61	0,96	Gaussiana
Total MS	810**	22**	84**	62	0,91	Gaussiana
Boro						
Folha	41**	32**	76**	44	0,88	Gaussiana
Colmo	88**	23**	87**	64	0,99	Gaussiana
Estruturas reprodutivas	106**	19**	87**	68	0,97	Gaussiana
Grãos	27 ^{ns}	16 ^{ns}	91*	75	0,94	Gaussiana
Total	250**	23**	86**	63	0,98	Gaussiana

MC – milho consórcio, MS – milho solteiro.

(1) Valores representam a média das avaliações da cultivar.

(2) Valor máximo observado em g ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

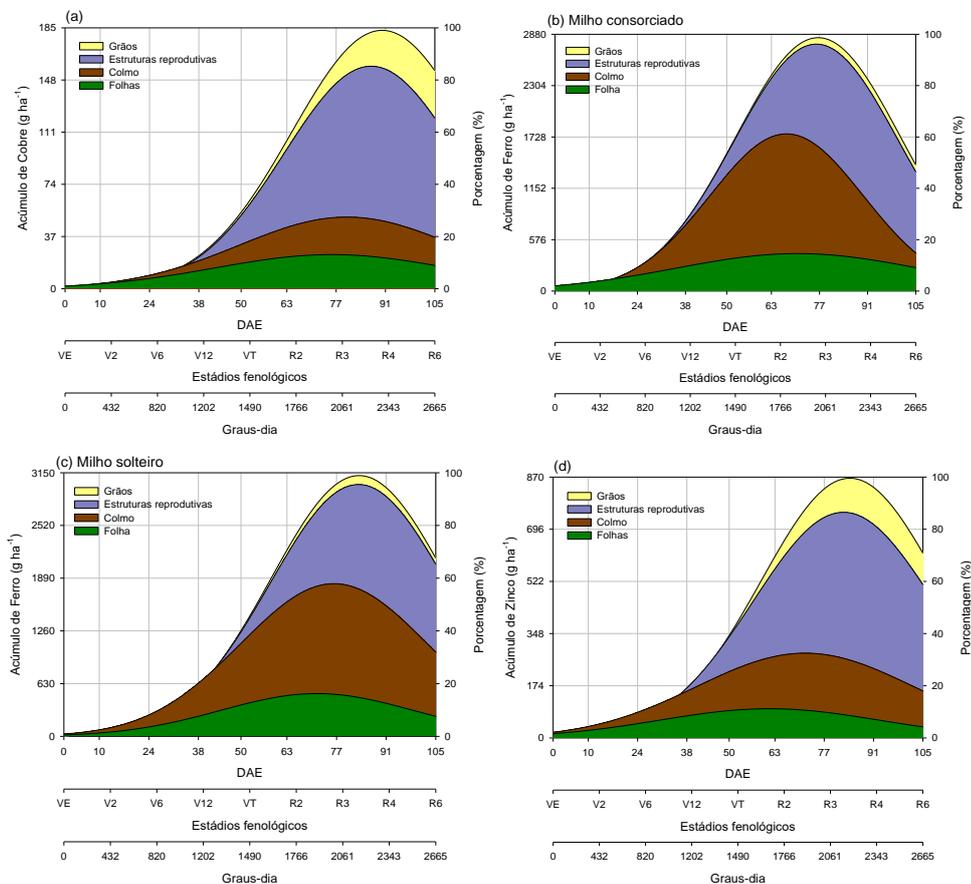
**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pela análise de regressão não linear, respectivamente.

A absorção dos micronutrientes analisados foi baixa durante o crescimento vegetativo, porém crescente e contínua durante os estágios reprodutivos a partir do pendoamento (50 DAE). A maior parte do Cu esteve presente nas estruturas reprodutivas (Figura 7), no presente estudo observou-se lento acúmulo desse nutriente até VT. Resultados semelhantes foram encontrados por Bender et al. (2013). Nas condições desse experimento o Cu foi o micronutriente com menor acúmulo total em milho (consórcio e solteiro).

O Fe esteve concentrado nos colmos e nas estruturas reprodutivas (Figura 7), sendo o micronutriente extraído em maiores quantidades (em ambos os sistemas de cultivo), semelhante aos resultados encontrados por Gutiérrez et al. (2018).

Para o Zn foi observado maior acúmulo nas estruturas reprodutivas (Figura 7) por a maior parte desses nutrientes ser absorvida trinta dias após a emergência. Fundamentando os resultados de Bender et al. (2013) e Gutiérrez et al. (2018), a absorção de Zn é mais expressiva no final da fase vegetativa e no início da fase reprodutiva, compondo os nutrientes que são mais exportados pelos grãos de milho, juntamente com N, P e S (BORGES et al., 2009; BENDER et al., 2013; GUTIÉRREZ et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019).

Com relação ao Mn o maior acúmulo no milho esteve presente no colmo e nas estruturas reprodutivas (Figura 7). De acordo com resultados relatados por Duarte et al. (2003) e Gutiérrez et al. (2018) o colmo se apresenta como o principal compartimento de acúmulo de Mn na planta madura, atuando como estrutura de armazenamento desse micronutriente. A maior parte do B esteve acumulada nos colmos e nas estruturas reprodutivas (Figura 7).



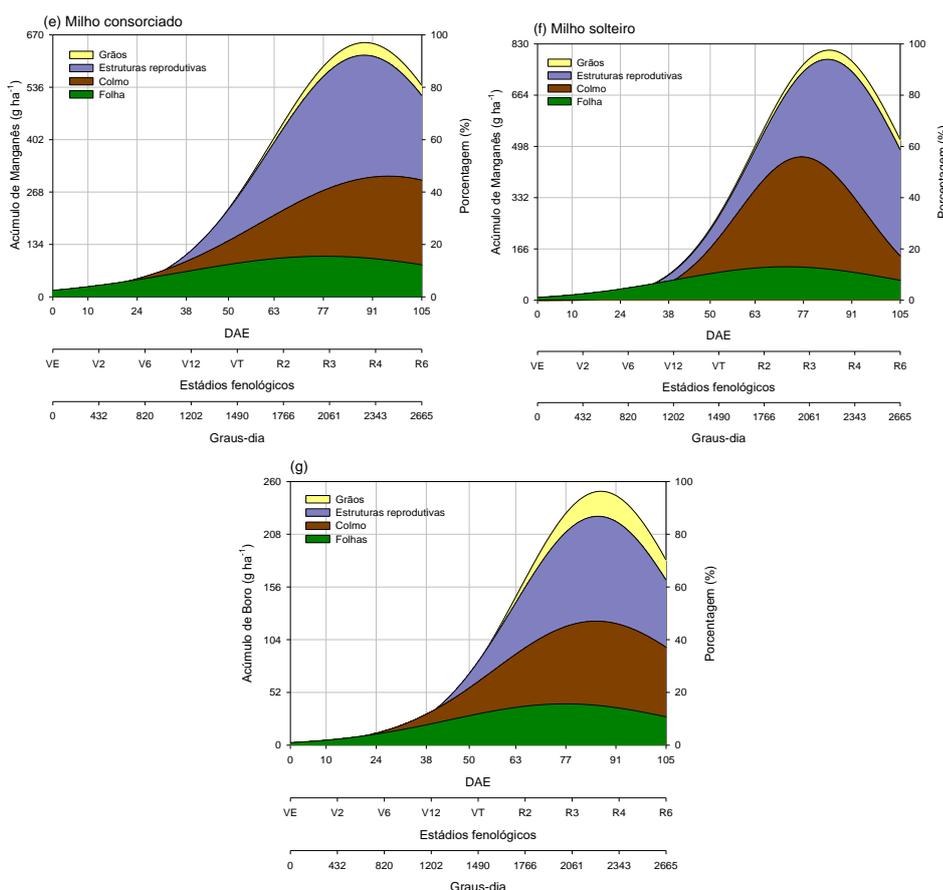


Figura 7. Acúmulo e particionamento de micronutrientes (média do cultivo em consórcio e solteiro), em g ha⁻¹ durante o seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.

Na tabela 17 são apresentados os dados médios de macro e micronutrientes extraídos em plantas de milho e exportados em grãos de milho em cultivo consorciado e solteiro. Os valores não variaram quando se comparou os sistemas de cultivo, uma vez que o índice de colheita, que reflete a eficiência da conversão da matéria seca em grãos, foi igual para ambos os cultivos (0,23 ou 23%). Os valores do índice de colheita para os nutrientes estão abaixo dos resultados obtidos por Bender et al. (2013) nos Estados Unidos, o que pode se justificar pelas condições edafoclimáticas do local e da condução do experimento.

No estágio VT (pendoamento) para o milho em ambos os cultivos a absorção foi baixa para os macronutrientes e micronutrientes (Tabela 17), onde a absorção foi a seguinte para o milho consorcio N 48%, P 23%, K 51%, Ca 27%, Mg 22%, S 19%, Cu 13%, Fe 21%, Zn 25%, Mn 17%, B 14%; e para o milho solteiro N 44%, P 20%, K 48%, Ca 34%, Mg 20%, S 15%, Cu 12%, Fe 14%, Zn 20%, Mn 13%, B 9%. Essa baixa absorção de nutrientes até o pendoamento ocorreu porque os nutrientes (macros e

micros) se acumularam nos estágios reprodutivos conforme apresentado na tabela 17.

Tabela 17. Acúmulo de nutrientes associado à produção de matéria seca na cultura do milho em consórcio e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Parâmetros	Total acumulado		Acúmulo no grão		Índice de colheita ⁽¹⁾		Absorção até VT		Coeficiente de remoção ⁽³⁾		EF de máximo acúmulo	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
	----- kg ha ⁻¹ -----				----- % -----		----- % -----		kg t ⁻¹			
Matéria seca ⁽²⁾	1.9035	2.1908	4.349	5.103	23	23	14	12	-	-	-	-
N	121	129	45	49	37	38	48	44	23	27	R3	R3
P	26	32	13	15	51	48	23	20	4,9	6,8	R3- R4	R4
K	100	111	15	17	15	15	51	48	19	23	R4	R4
Ca	27	28	1,9	1,9	7	7	27	34	,12	5,9	R6	R6
Mg	32	37	3,9	4,0	12	11	22	20	6,0	7,9	R3- R4	R4
S	22	23	4,2	5,4	19	23	19	15	4,3	4,9	R6	R4
	----- g ha ⁻¹ -----				----- % -----		----- % -----		g t ⁻¹			
Cu	159	168	33	34	21	21	13	12	31	36	R4	R6
Fe	1.742	2.151	70	76	4	4	21	14	335	457	R2- R3	R3- R4
Zn	761	544	99	108	13	20	25	20	146	115	R3	R3
Mn	560	609	26	32	5	5	17	13	107	123	R4	R3
B	172	181	15	23	9	13	14	9	33	38	R4	R4

MC – milho consórcio, MS – milho solteiro, VT – pendoamento, EF – estágio fenológico.

(1) Índice de colheita: porcentagem do total de nutrientes acumulado que está presente no grão.

(2) Matéria seca.

(3) Quantidade de nutrientes necessários para a produção de uma tonelada de grãos (máximo absorvido planta/produtividade).

Na tabela 17 observou-se que acúmulo dos micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn, B foi lento até VT (pendoamento) apresentando os valores de 13, 21, 25, 17, 14% para o milho consórcio, 12, 14, 20, 13, 9% para o milho solteiro respectivamente, ficando abaixo dos valores observados por Bender et al. (2013) que foram 45, 91, 48, 64, 63% para essa mesma sequência de micronutrientes que foram desenvolvidos em condições climáticas diferentes da desse trabalho (Estados Unidos), porém com a mesma cultura o milho.

O padrão de acúmulo de micronutrientes em ordem decrescente no milho foi Fe>Zn>Mn>B>Cu. O padrão de acúmulo de macronutrientes no milho foi N>K>P>Mg>Ca>S (Figura 6). Borin et al. (2010) obteve o seguinte acúmulo de nutrientes para a mesma cultura no Brasil K>N>Mg>P>Ca>S.

3.3 Acúmulo de matéria seca em plantas de braquiária

3.3.1 Braquiária em cultivo simultâneo ao milho

Na tabela 18 observou-se que o acúmulo de matéria seca nas plantas de braquiária em consórcio e solteira foram diferentes dos 11 aos 106 DAE para folha, colmo e total (folha + colmo) para os tratamentos (consórcio e solteiro), dias após a emergência e interação entre cultivo e DAE.

Tabela 18. Resumo de análise de variância em plantas de braquiária consorciada e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}). Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	MSF	MSC	MST
	kg ha ⁻¹		
BC	326 b	321 b	647 b
BS	1.481 a	1.818 a	3.299 a
Teste F	**	**	**
DAE			
11	51	34	85
25	115	68	184
37	309	158	467
50	332	208	540
64	927	985	1.948
78	850	848	1.740
92	2.386	3.092	5.478
106	2.263	3.170	5.433
Teste F	**	**	**
C x DAE	**	**	**
CV1(%)	17,09	33,22	23,16
CV2(%)	24,96	32,60	27,93

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, MSF – acúmulo de matéria seca de folha, MSC – acúmulo de matéria seca de colmo, MST – acúmulo de matéria seca total, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

No desdobramento da interação entre DAE e cultivo observou-se que para folhas a diferença entre cultivo solteiro e consórcio ocorreu desde os 11 DAE (acúmulo de 559 GD) e se manteve até os 106 DAE (acúmulo de 2.329 GD). Nos colmos essa diferença surgiu aos 106 DAE (acúmulo de 1.541 GD) e se manteve até os 92 DAE. Para o acúmulo de matéria seca total observou-se uma diferença aos 64 DAE e se manteve constante até os 106 DAE (Tabela 19). Para todas as vezes em que houve diferenças entre os sistemas de cultivo, a braquiária solteira se apresentou superior a braquiária em consórcio.

Tabela 19. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária consorciada e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

GD	DAE	MSF (kg ha ⁻¹)		MSC (kg ha ⁻¹)		MST (kg ha ⁻¹)	
		BC	BS	BC	BS	BC	BS
559	11	24 a	77 a	15 a	52 a	39 a	129 a
807	25	145 a	85 a	82 a	55 a	227 a	140 a
1.031	37	190 b	428 a	51 a	264 a	241 a	693 a
1.277	50	213 b	451 a	141 a	274 a	354 a	725 a
1.541	64	621 b	1.233 a	575 b	1.394 a	1.196 b	2.627 a
1.789	78	384 b	1.315 a	423 b	1.273 a	808 b	2.588 a
2.067	92	387 b	4.385 a	406 b	5.777 a	793 b	10.162 a
2.329	106	646 b	3.880 a	880 b	5.459 a	1.527 b	9.339 a

BC – braquiária consorciada, BS- braquiária solteira, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Para o acúmulo de matéria seca nas partições e em ambos os cultivos (consórcio e solteira) o coeficiente de remoção apresentou valores acima de 0,76 e a equação que melhor se ajustou aos dados foi a Gaussiana (Tabela 20). O máximo acúmulo em matéria seca de folhas foi 553 kg ha⁻¹ para a BC e 4.488 kg ha⁻¹ para a BS (figura 8); para colmo foi de 1.993 kg ha⁻¹ para BC e 6.617 kg ha⁻¹ para BS; o maior acúmulo em matéria seca total (folha + colmo) foi de 1.581 kg ha⁻¹ para a braquiária em consórcio e 11.152 kg ha⁻¹ para BS.

Tabela 20. Estimativa dos parâmetros em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹). Brejo, Maranhão, 2022.

Variáveis	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾					Função
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x0 ⁽⁴⁾	PI ⁽⁵⁾	R ²	
	kg ha ⁻¹	DAE				
MSF BC	553**	47 ^{ns}	104*	57	0,76	Gaussiana
MSF BS	4488**	15**	98**	83	0,93	Gaussiana
MSC BC	1.933 ^{ns}	69 ^{ns}	198 ^{ns}	129	0,82	Gaussiana
MSC BS	6.617**	12**	98**	86	0,96	Gaussiana
MST BC	1.581 ^{ns}	56 ^{ns}	136 ^{ns}	80	0,80	Gaussiana
MST BS	11.152**	13**	98**	85	0,95	Gaussiana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em kg ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

(5) Ponto de inflexão.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p<0,05), respectivamente. MSF – massa seca de folha, MSC – massa seca de colmo, MST – massa seca total

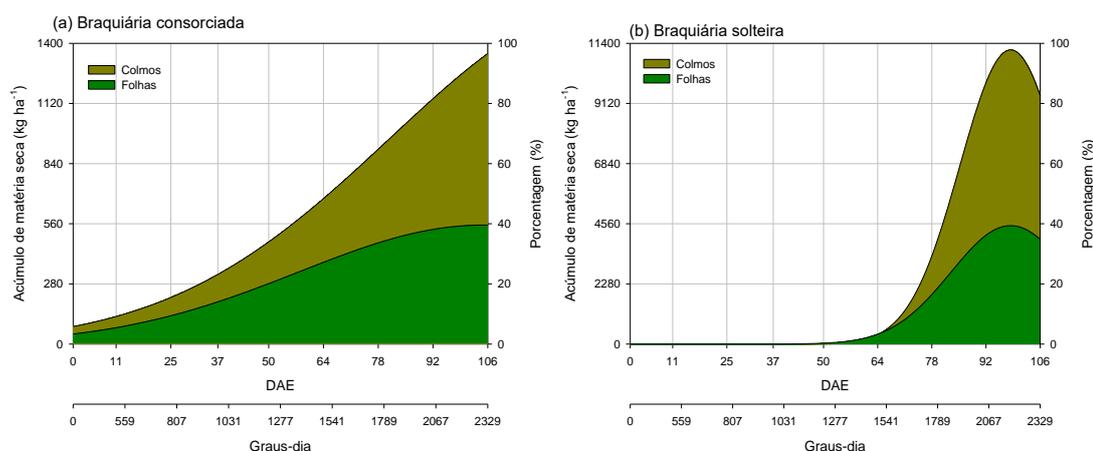


Figura 8. Acúmulo de matéria seca em braquiária consorciada (a) e solteira (b). Brejo, Maranhão, 2022.

Batista et al. (2011) em um estudo com a braquiária cv. Marandu no estado de São Paulo, em quatro localidades diferentes obteve os seguintes valores de acúmulo em matéria seca, durante o florescimento do milho 393 kg ha⁻¹, 385 kg ha⁻¹, 127 kg ha⁻¹, 268 kg ha⁻¹, na maturidade fisiológica do milho 1.185 kg ha⁻¹, 1104 kg ha⁻¹. Nas condições desse experimento os resultados encontrados no florescimento do milho foram 354 kg ha⁻¹ e 725 kg ha⁻¹, e na maturidade fisiológica 1.527 kg ha⁻¹ e 9.339 kg ha⁻¹, se assemelhando aos resultados citados por Batista et al. (2011)

3.3.2 Braquiária em cultivo subsequente a colheita dos grãos

A tabela 21 sumariza o resumo da análise de variância para a matéria seca (kg ha⁻¹) nas plantas de braquiária em consórcio e solteira. Entre os sistemas de cultivo, os dias após a emergência e a interação foram observadas diferenças significativas no período de 106 a 278 DAE, para as partições folha, colmo e total (folha + colmo).

Tabela 21. Resumo de análise de variância em plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteiro para o acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹). Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	kg ha ⁻¹		
	MSF	MSC	MST
BC	1.028 b	647 b	1.675 b
BS	2.850 a	3.911 a	67.62 a
Teste F	**	**	**
DAE			
106	2.263	3.170	5.433
159	616	1.953	2.569
192	1.677	1.957	3.634

221	1.496	2.080	3.575
278	3.088	1.748	4.836
Teste F	**	**	**
C x DAE	**	ns	ns
CV1(%)	47,35	68,45	55,53
CV2(%)	34,68	39,55	34,66

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, MSF – acúmulo de matéria seca de folha, MSC – acúmulo de matéria seca de colmo, MST – acúmulo de matéria seca total, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na tabela 22 observa-se que entre 106 e 278 DAE a matéria seca nas plantas mostrou redução com posterior incremento, o que pode ser explicado pelo pastejo animal e pela presença dos animais na área até os 192 DAE (acúmulo de 3.859 GD). Aos 106 DAE, antes dos animais pastarem a área, o acúmulo total em matéria seca era de 1.527 kg ha⁻¹ na BC e 9.339 kg ha⁻¹ na BS. Com a entrada dos animais, a quantidade de forragem na BS reduziu à metade 5.319 kg ha⁻¹ e na BC para 1.194 kg ha⁻¹, o que pode ser explicado pelo fato de que os animais consumiram a forragem na área que possuía mais disponibilidade de pasto.

Tabela 22. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência na braquiária consorciada e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

GD	DAE	MSF (kg ha ⁻¹)		MSC (kg ha ⁻¹)		MST (kg ha ⁻¹)	
		BC	BS	BC	BS	BC	BS
2329	106	646 b	3.880 a	880 b	5.459 a	1.527 b	9.339 a
3273	159	395 a	1.059 a	799 b	4.260 a	1.194 b	5.319 a
3859	192	1.204 a	2.148 a	408 b	3.505 a	1.612 b	5.654 a
4402	221	855 b	2.135 a	786 b	3.373 a	1.642 b	5.508 a
5500	278	2.041 b	4.135 a	361 b	3.133 a	2.402 b	7.268 a

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, MSF – acúmulo de matéria seca de folha, MSC – acúmulo de matéria seca de colmo, MST – acúmulo de matéria seca total, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

O modelo que melhor se ajustou aos dados de acúmulo de matéria seca nas folhas, colmos e total (folha + colmo) foi a Gaussiana e está descrito e apresentado na Tabela 23, com coeficiente de determinação acima de 0,72.

Tabela 23. Estimativa dos parâmetros em plantas de braquiária consorciada e solteira para o acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹). Brejo, Maranhão, 2022.

Variáveis kg ha ⁻¹	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾						Função
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x0 ⁽⁴⁾	y0	PI ⁽⁵⁾	R ²	
	DAE						
MSF	-2.615 ^{ns}	58 ^{ns}	169 ^{ns}	3.576 ^{ns}	111	0,84	Gaussiana
MSC	3.028 ^{ns}	139 ^{ns}	93 ^{ns}	-	-	0,72	Gaussiana
MST	-5.223 ^{ns}	38 ^{ns}	177 ^{ns}	-2385 ^{ns}	139	0,74	Gaussiana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em kg ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

(5) Ponto de inflexão.

** , * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p<0,05), respectivamente.

MSF – massa seca de folha, MSC – massa seca de colmo, MST – massa seca total, PI – ponto de inflexão, R² - coeficiente de determinação.

Na Figura 9 observa-se que a quantidade matéria seca produzida diferiu significativamente dos cultivos consórcio e solteiro. No geral ocorreu maior produção em matéria seca na braquiária solteira que no consórcio, apesar de em ambos os cultivos terem ocorrido pastejo animal. O acúmulo de forragem observado entre a maturidade fisiológica do milho (106 DAE) e o fim do ciclo de cultivo da forrageira (278 DAE) foi nítido. Nas condições desse experimento, as plantas de braquiária, consorciada e solteira, no período pós pastejo (192 DAE) apresentaram aumento da produção em forragem (MS) fornecendo cobertura vegetal ao solo até o plantio na próxima safra, entretanto em valores aquém a braquiária solteira.

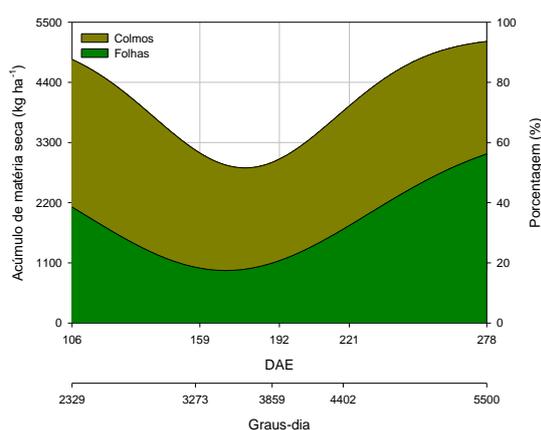


Figura 9. Acúmulo de matéria seca em plantas de braquiária (média do cultivo em consórcio e solteiro). Brejo, Maranhão, 2022.

Em trabalho com *Urochloa* em cultivo solteiro, Santiani et al. (2020) relataram produtividades de matéria seca próximas de 17.069 kg ha⁻¹ proporcionaram forragem no período mais seco do ano e melhorando os atributos do solo, tornando a utilização do sistema de pastagem uma ótima opção de manejo. Resultados semelhantes foram

encontrados por Oliveira et al. (2019), onde em uma pesquisa com *Urochloa brizantha* em cultivo solteira obteve-se um acúmulo de matéria seca de 5.020 kg ha⁻¹ aos 60 dias após a colheita do milho. O acúmulo de forragem observado entre a maturidade fisiológica do milho (106 DAE) ao fim do ciclo de cultivo da forrageira (278 DAE) foi significativo e viabilizou a manutenção dos animais no período seco do ano, porém a pastagem apresentava elevada quantidade de colmos, o que pode dificultar o manejo.

Taxa de crescimento relativo

A tabela 24 apresenta a taxa de crescimento relativo (TCR) para a braquiária em consórcio e solteira dos 11 aos 106 DAE (acúmulo de 559 a 2.329 graus-dia)

Tabela 24. Taxa de crescimento relativo (TCR) da folha, colmo e planta inteira de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.

Braquiária em consórcio				
DAE	Período	Folhas	Colmo	Total
	Graus-dia	-----g g ⁻¹ graus-dia ⁻¹ -----		
11-25	559-807	0,128	0,118	0,124
25-37	807-1.031	0,022	-0,038	0,005
37-50	1.031-1.277	0,009	0,077	0,029
50-64	1.277-1.541	0,076	0,100	0,086
64-78	1.541-1.789	-0,034	-0,021	-0,028
78-92	1.789-2.067	0,001	-0,003	-0,001
92-106	2.067-2.329	0,036	0,055	0,046
Braquiária solteira				
DAE	Período	Folhas	Colmo	Total
	Graus-dia	-----g g ⁻¹ graus-dia ⁻¹ -----		
11-25	559-807	0,007	0,003	0,005
25-37	807-1.031	0,134	0,131	0,133
37-50	1.031-1.277	0,003	0,002	0,003
50-64	1.277-1.541	0,071	0,119	0,093
64-78	1.541-1.789	0,002	-0,005	-0,001
78-92	1.789-2.067	0,088	0,103	0,096
92-106	2.067-2.329	-0,008	-0,004	-0,006

DAE – dias após a emergência.

Na braquiária consorciada para as partições folhas, colmo e total a maior taxa de crescimento relativo observada foi entre 11 e 25 dias após a emergência (acúmulo de 559 a 807 graus-dia) (tabela 24). Observa-se para a braquiária solteira para as partições folhas, colmo e total, a maior taxa de crescimento relativo observada foi entre 25 e 37 dias após a emergência (acúmulo de 807 a 1.031 graus-dia) (tabela 24).

A análise de crescimento vegetal na braquiária permite conhecer como se dá a dinâmica de partição de fotoassimilados, a composição morfológica vegetal, e alocação de nutrientes (GIANCOMINI et al., 2009), considerando que o tipo de manejo e as variações ambientais afetam diretamente o crescimento vegetal. A taxa de crescimento da cultura representa a variação da massa de forragem entre duas amostragens sucessivas e, por isso, pode ser usada como um indicativo da velocidade de crescimento das plantas durante um período de observação (BENICASA, 1988).

A Tabela 25 apresenta a TCR na braquiária em consórcio e solteira dos 106 aos 278 DAE (acúmulo de 2.329 a 5.500 graus-dia).

Tabela 25. Taxa de crescimento relativo (TCR) da folha, colmo e planta inteira de braquiária em consórcio e solteira, em função do acúmulo de graus-dia ao longo do ciclo produtivo. Brejo, Maranhão, 2022.

Braquiária em consórcio				
DAE	Período	Folhas	Colmo	Total
	Graus-dia	-----g g ⁻¹ graus-dia ⁻¹ -----		
106-159	2.329-3.273	-0,009	-0,002	-0,005
159-192	3.273-3.859	0,033	-0,020	0,009
192-221	3.859-4.402	-0,011	0,022	0,000
221-278	4.402-5.500	0,015	-0,013	0,006
Braquiária solteira				
DAE	Período	Folhas	Colmo	Total
	Graus-dia	-----g g ⁻¹ graus-dia ⁻¹ -----		
106-159	2.329-3.273	-0,025	-0,005	-0,011
159-192	3.273-3.859	0,021	-0,005	0,001
192-221	3.859-4.402	-0,001	-0,001	-0,001
221-278	4.402-5.500	0,011	-0,001	0,004

DAE – dias após a emergência.

Após a colheita do milho, a maior TCR observada na braquiária em consórcio nas folhas foi entre 159 a 192 DAE, nos colmos 192 a 221 DAE, e total (folha+colmo) entre 159 a 192 DAE. Na braquiária solteira a maior TCR foi nas folhas entre 159 a 192 DAE, nos colmos entre 192 a 278 DAE, e total (folha + colmo) entre 221 a 278 DAE. Durante o pastejo animal a taxa de crescimento relativo apresentou-se negativa, devido ao consumo das gramíneas pelos animais.

3.4 Acúmulo de nutrientes em plantas de braquiária

3.4.1 Braquiária em cultivo simultâneo ao milho

A tabela 26 apresenta a análise de variância dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas em plantas de braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência.

Tabela 26. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nas folhas em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Cultivo	Folha					
BC	5,99 b	0,84 b	7,36 b	1,47 b	1,31 b	0,67 b
BS	21,82 a	2,58 a	30,87 a	5,56 a	6,42 a	2,07 a
Teste F	**	**	**	**	**	**
DAE						
11	2,11	0,23	3,23	0,06	0,21	0,11
25	3,35	0,44	2,06	0,39	0,50	0,23
37	7,44	0,97	10,75	1,62	0,84	0,83
50	4,93	0,94	9,62	1,27	1,26	0,62
64	15,44	2,03	23,53	3,36	3,92	1,36
78	14,63	1,82	22,16	2,68	3,13	1,09
92	31,32	3,26	42,60	9,03	10,11	2,89
106	32,06	4,00	38,97	9,76	11,01	3,83
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**	**
CV1(%)	22,36	42,15	12,37	20,76	26,78	49,53
CV2(%)	26,91	30,44	29,85	23,61	34,20	48,55

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p < 0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A tabela 27 apresenta a análise de variância dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nos colmos em plantas de braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência.

Tabela 27. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nos colmos em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Cultivo	Colmo					

BC	3,23 a	0,79 b	7,02 b	0,36 b	0,71 b	0,58 b
BS	3,52 a	3,42 a	43,48 a	1,91 a	4,96 a	0,99 a
Teste F	ns	**	**	**	**	**
DAE						
11	0,38	0,14	2,32	0,10	0,12	0,06
25	1,29	0,35	0,95	0,14	0,22	0,24
37	1,14	0,63	4,10	0,19	0,28	0,35
50	1,34	0,65	5,79	0,22	0,34	0,35
64	2,68	2,09	26,88	0,89	2,16	1,11
78	2,98	1,67	20,54	0,80	1,98	0,70
92	6,92	5,13	71,48	2,93	8,22	1,06
106	10,28	6,16	69,96	3,84	9,37	2,40
Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**	ns
CV1(%)	31,71	43,49	29,94	29,52	35,35	33,61
CV2(%)	43,17	51,51	33,75	24,96	46,40	80,12

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A tabela 28 apresenta a análise de variância dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na planta toda (folha + colmo) em plantas de braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência.

Tabela 28. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), na planta inteira em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Cultivo	Total					
BC	9,22 b	1,62 b	14,39 b	1,83 b	2,03 b	1,24 b
BS	25,34 a	6,00 a	74,34 a	7,48 a	11,38 a	3,06 a
Teste F	**	**	**	**	**	**
DAE						
11	2,49	0,37	5,56	0,16	0,33	0,18
25	4,64	0,78	3,01	0,53	0,72	0,47
37	8,58	1,61	14,85	1,81	1,11	1,18
50	6,27	1,59	15,41	1,50	1,60	0,98
64	18,12	4,12	50,41	4,25	6,08	2,47
78	17,62	3,49	42,70	3,48	5,10	1,78
92	38,24	8,40	114,08	11,96	18,34	3,94
106	42,33	10,16	108,93	13,60	20,38	6,23

Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**	**
CV1(%)	15,86	29,87	18,40	22,41	24,73	22,89
CV2(%)	26,80	32,88	25,84	21,39	32,65	43,47

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A tabela 29 apresenta o desdobramento da interação nas partições (folha e colmo) e na planta toda em braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência. Para o N foi observada diferença entre os cultivos a partir do 78 DAE, onde a BS esteve com acúmulo de N de 24,89 kg ha⁻¹ e a braquiária em consórcio com 10,35 kg ha⁻¹. Para o fósforo essa diferença ocorreu aos 68 DAE com 2,45 kg ha⁻¹ e 5,78 kg ha⁻¹ para os cultivos consorciado e solteiro, respectivamente. O K seguiu o mesmo padrão com 29,57 e 71,24 kg ha⁻¹, para os cultivos consórcio e solteiro.

O Ca, Mg e S, apresentaram-se diferentes aos 92 DAE com a braquiária consórcio apresentando 1,85 kg ha⁻¹ de Ca, 1,85 kg ha⁻¹ de Mg e 10,5 kg ha⁻¹ de S, enquanto a braquiária solteira apresentou acúmulo de 22,06 kg ha⁻¹ de Ca, 34,82 kg ha⁻¹ de Mg e 6,84 kg ha⁻¹ de S. O acúmulo de nutrientes em ambos os cultivos aumentou a partir dos 92 DAE o que pode ser justificado pela entrada da cultura do milho em maturidade fisiológica.

Tabela 29. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de macronutrientes na braquiária em cultivo consorciado e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

DAE	Folha		Colmo		Total	
	BC	BS	BC	BS	BC	BS
	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
11	0,85 a	3,36 a	0,42 a	0,35 a	1,27 a	3,71 a
25	2,68 a	4,01 a	2,25 a	0,32 a	6,27 a	3,01 a
37	4,47 a	10,41 a	1,15 a	1,12 a	5,62 a	11,53 a
50	3,86 a	5,99 a	1,70 a	0,98 a	5,56 a	6,97 a
64	10,56 a	20,31 a	3,15 a	2,21 a	13,70 a	22,53 a
78	6,70 b	22,57 a	3,64 a	2,32 a	10,35 b	24,89 a
92	7,00 b	55,63 a	3,72 b	10,13 a	10,71 b	65,76 a
106	10,49 b	53,62 a	9,82 a	10,72 a	20,31 b	64,34 a
CV1%	22,36		31,71		15,86	
CV2%	26,91		43,17		26,80	

Fósforo (kg ha ⁻¹)						
11	0,10 a	0,36 a	0,07 a	0,21 a	0,16 a	0,58 a
25	0,48 a	0,39 a	0,39 a	0,31 a	0,87 a	0,70 a
37	0,52 a	1,42 a	0,23 a	1,02 a	0,76 a	2,45 a
50	0,48 a	1,43 a	0,32 a	0,99 a	0,76 a	2,41 a
64	1,43 a	2,62 a	1,02 b	3,16 a	2,45 b	5,78 a
78	0,88 b	2,75 a	0,87 a	2,46 a	1,76 b	5,21 a
92	0,95 b	5,58 a	0,56 b	9,07 a	1,51 b	15,28 a
106	1,88 b	6,12 a	2,85 b	9,48 a	4,73 b	15,59 a
CV1%	42,15		43,49		29,87	
CV2%	30,44		51,51		32,88	
Potássio (kg ha ⁻¹)						
11	1,68 a	4,79 a	1,16 a	3,48 a	2,84 a	8,27 a
25	0,51 a	3,61 a	0,17 a	1,73 a	0,69 a	5,34 a
37	1,19 b	20,31 a	0,11 a	8,10 a	1,30 a	28,41 a
50	6,43 a	12,79 a	3,72 a	7,86 a	10,16 a	20,65 a
64	16,17 a	30,89 a	13,40 b	40,35 a	29,57 b	71,24 a
78	9,07 b	35,25 a	9,44 b	31,64 a	18,50 b	66,89 a
92	9,33 b	75,87 a	8,37 b	134,60 a	17,70 b	210,47 a
106	14,53 b	63,41 a	19,84 b	120,08 a	34,37 b	183,49 a
CV1%	12,37		29,94		18,40	
CV2%	29,85		33,75		25,84	
Cálcio (kg ha ⁻¹)						
11	0,04 a	0,08 a	0,05 a	0,15 a	0,09 a	0,22 a
25	0,51 a	0,27 a	0,10 a	0,18 a	0,37 a	0,68 a
37	1,19 a	2,04 a	0,11 a	0,27 a	1,30 a	2,31 a
50	0,97 a	1,57 a	0,19 a	0,25 a	1,16 a	1,84 a
64	2,58 a	4,13 a	0,53 a	1,25 a	3,11 a	5,38 a
78	1,71 a	3,66 a	0,43 a	1,17 a	2,12 a	4,83 a
92	1,52 b	16,53 a	0,34 b	5,53 a	1,86 b	22,06 a
106	3,27 b	16,23 a	1,09 b	6,59 a	4,36 b	22,83 a
CV1%	20,76		29,52		22,41	
CV2%	23,61		24,96		21,39	
Magnésio (kg ha ⁻¹)						
11	0,11 a	0,30 a	0,07 a	0,17 a	0,18 b	0,48 a
25	0,29 a	0,70 a	0,29 a	0,16 a	1,00 a	0,45 a
37	0,54 a	1,14 a	0,14 a	0,41 a	0,68 a	1,55 a
50	1,04 a	1,47 a	0,24 a	0,46 a	1,28 a	1,93 a
64	2,46 a	5,38 a	0,87 a	3,45 a	3,33 a	8,84 a
78	1,40 a	4,82 a	1,15 a	2,81 a	2,55 a	7,66 a
92	1,03 b	19,20 a	0,82 b	15,62 a	1,85 b	34,82 a
106	3,25 b	18,77 a	2,14 b	16,60 a	5,40 b	35,37 a

CV1%	26,78		35,35		24,73	
CV2%	34,20		46,40		32,65	
Enxofre (kg ha ⁻¹)						
11	0,06 a	0,17 a	0,04 a	0,08 a	0,11 a	0,25 a
25	0,16 a	0,29 a	0,18 a	0,30 a	0,35 a	0,59 a
37	0,48 a	1,19 a	0,20 a	0,49 a	0,68 a	1,67 a
50	0,57 a	0,67 a	0,26 a	0,45 a	0,83 a	1,12 a
64	1,00 a	1,71 a	0,75 a	1,47 a	1,75 a	3,18 a
78	0,51 a	1,66 a	0,62 a	0,77 a	1,13 a	2,43 a
92	0,50 b	5,28 a	0,56 b	1,56 a	1,05 b	6,84 a
106	1,92 b	5,73 a	1,90 a	2,90 a	3,83 b	8,63 a
CV1%	49,53		33,61		22,89	
CV2%	48,55		80,12		43,47	

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os modelos que melhor se ajustaram ao acúmulo dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas plantas de braquiária em cultivo consorciado e solteira estão descritos e apresentados na Tabela 30, com coeficiente de determinação acima de 0,65.

Tabela 30. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R²) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Nitrogênio							
Parâmetros do modelo ⁽¹⁾							
Partições	a ⁽²⁾ g ha ⁻¹	b ⁽³⁾	x ₀ ⁽⁴⁾	c ⁽⁶⁾	PI	R ²	Modelo
	DAE						
Folha BC	9,1**	49 ^{ns}	100*	-	51	0,75	Gaussiana
Folha BS	56**	30*	110**	-	80	0,93	Gaussiana
Colmo BC	9,0*	16 ^{ns}	106**	1,0 ^{ns}	90	0,88	Gaussiana
Colmo BS	12**	12**	99**	-	87	0,95	Gaussiana
Total BC	50 ^{ns}	98 ^{ns}	246 ^{ns}	-	148	0,82	Gaussiana
Total BS	68**	29*	110**	-	81	0,93	Gaussiana
Fósforo							
Folha BC	4,1 ^{ns}	23 ^{ns}	290 ^{ns}	24 ^{ns}	267	0,77	Gaussiana
Folha BS	9,2 ^{ns}	54*	153**	-	99	0,96	Gaussiana
Colmo BC	2,9 ^{ns}	12 ^{ns}	109 ^{ns}	1,0 ^{ns}	97	0,79	Gaussiana
Colmo BS	10**	18*	101**	-	83	0,91	Gaussiana
Total BC	4,6 ^{ns}	18 ^{ns}	110 ^{ns}	1,0 ^{ns}	92	0,78	Gaussiana
Total BS	19 ^{ns}	38 ^{ns}	128*	-	90	0,93	Gaussiana
Potássio							
Folha BC	12**	35 ^{ns}	91**	-	56	0,72	Gaussiana
Folha BS	64**	33*	104**	-	71	0,90	Gaussiana
Colmo BC	37 ^{ns}	64 ^{ns}	184 ^{ns}	-	120	0,78	Gaussiana

Colmo BS	147**	12**	98		86	0,93	Gaussiana
Total BC	30**	44 ^{ns}	114 ^{ns}	-	70	0,75	Gaussiana
Total BS	195**	20*	100**	-	80	0,91	Gaussiana
Partições		Cálcio					
Folha BC	3,1 ^{ns}	62 ^{ns}	137 ^{ns}	-	75	0,74	Gaussiana
Folha BS	19**	12**	99**	-	87	0,94	Gaussiana
Colmo BC	1,1 ^{ns}	17 ^{ns}	110 ^{ns}	1,0 ^{ns}	93	0,81	Gaussiana
Colmo BS	7,0**	13**	101**	-	88	0,97	Gaussiana
Total BC	7,2 ^{ns}	81 ^{ns}	198 ^{ns}	-	117	0,76	Gaussiana
Total BS	26**	12**	99**	-	87	0,95	Gaussiana
Partições		Magnésio					
Folha BC	14 ^{ns}	111 ^{ns}	312 ^{ns}	-	201	0,65	Gaussiana
Folha BS	20**	13**	98**	-	85	0,94	Gaussiana
Colmo BC	2,1 ^{ns}	16 ^{ns}	108 ^{ns}	1,0 ^{ns}	92	0,87	Gaussiana
Colmo BS	19**	11**	99**	-	88	0,97	Gaussiana
Total BC	5,2 ^{ns}	21 ^{ns}	110 ^{ns}	1,0 ^{ns}	89	0,76	Gaussiana
Total BS	40**	12**	98*	-	86	0,95	Gaussiana
Partições		Enxofre					
Folha BC	1,8 ^{ns}	20 ^{ns}	112 ^{ns}	1,0 ^{ns}	92	0,68	Gaussiana
Folha BS	8,8 ^{ns}	42 ^{ns}	143 ^{ns}	-	101	0,92	Gaussiana
Colmo BC	1,9 ^{ns}	14 ^{ns}	109 ^{ns}	1,0 ^{ns}	95	0,83	Gaussiana
Colmo BS	2,9 ^{ns}	17 ^{ns}	108 ^{ns}	1,0 ^{ns}	91	0,88	Gaussiana
Total BC	3,7 ^{ns}	17 ^{ns}	111 ^{ns}	1,0 ^{ns}	94	0,76	Gaussiana
Total BS	9,9 ^{ns}	46 ^{ns}	152 ^{ns}	-	106	0,92	Gaussiana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em kg ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente.

MSF – massa seca de folha, MSC – massa seca de colmo, MST – massa seca total, BC – braquiária em consórcio, BS – Braquiária solteira.

Na braquiária em consórcio o máximo acúmulo de N nas folhas foi 9,1 kg ha⁻¹, nos colmos 9,0 kg ha⁻¹ e na biomassa total 50 kg ha⁻¹, na braquiária solteira nas folhas foi 50 kg ha⁻¹, nos colmos 12 kg ha⁻¹ e na biomassa total 68 kg ha⁻¹ (Tabela 30). O N acumulou-se em maior proporção nas folhas nos dois cultivos de braquiária (consórcio e solteira). O acúmulo de N na matéria seca das forrageiras (em cultivo consorciado na maturidade fisiológica do milho) variou de 18,1 kg ha⁻¹, a 10,7 kg ha⁻¹ em um trabalho realizado por Batista et al. (2011) com consórcio (milho + *Urochloa brizantha*) em quatro cidades diferentes no estado de São Paulo.

Na braquiária em consórcio o máximo acúmulo de P nas folhas foi 4,1 kg ha⁻¹, nos colmos 2,9 kg ha⁻¹ e na biomassa total 4,6 kg ha⁻¹, na braquiária solteira nas folhas foi 9,2 kg ha⁻¹, nos colmos 10 kg ha⁻¹ e na biomassa total 19 kg ha⁻¹ (Tabela 30). O P

acumulou-se mais nas folhas nos dois cultivos de braquiária. Batista et al. (2011) verificaram maior acúmulo desse nutriente durante a maturidade fisiológica do milho, com valores de 1,2 kg ha⁻¹ e 1,3 kg ha⁻¹.

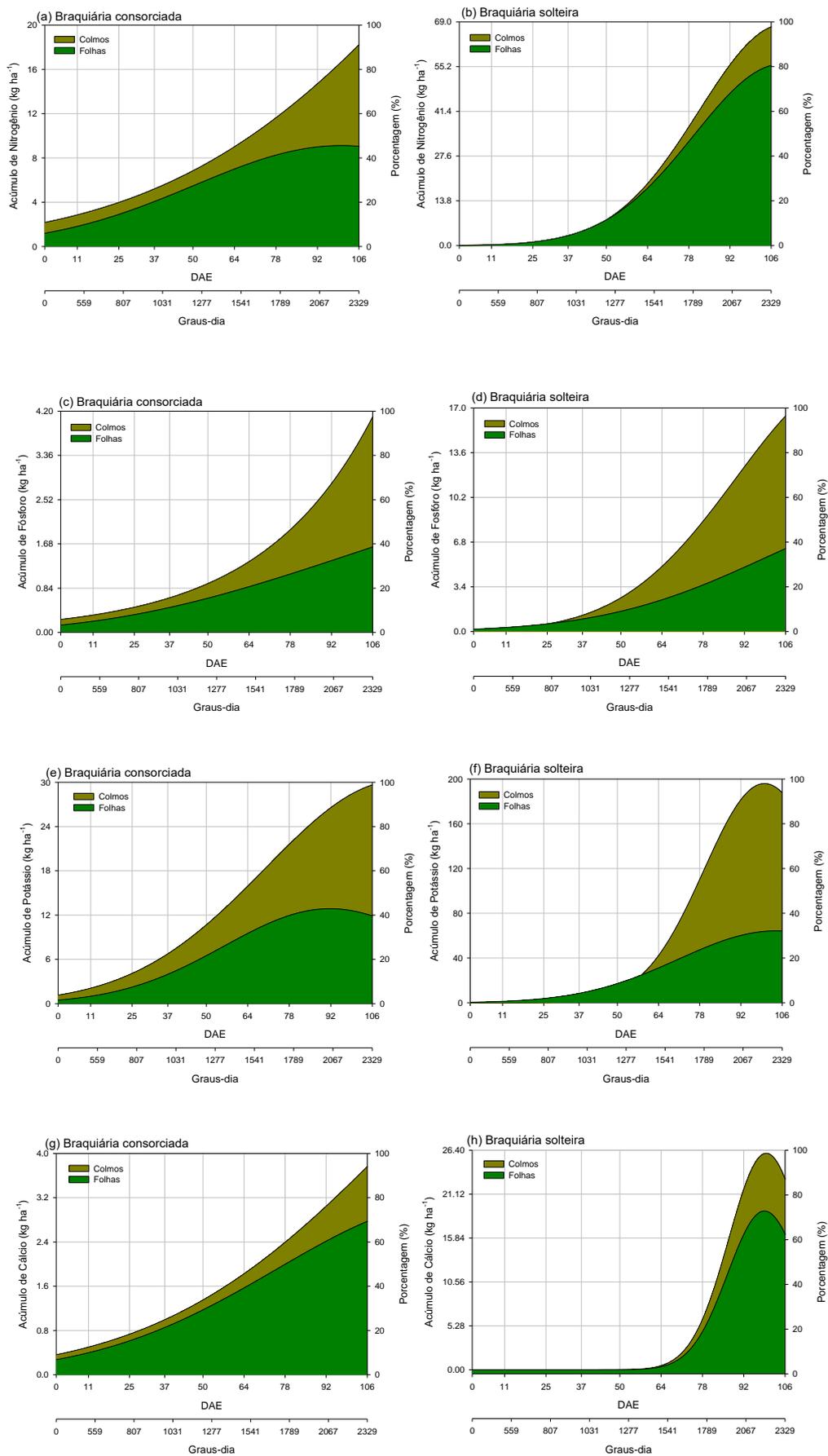
O K acumulou-se em maior parte nas folhas na braquiária em consórcio e nos colmos na braquiária solteira (Figura 9). Na braquiária em consórcio o acúmulo nas folhas foi de 12 kg ha⁻¹, nos colmos foi 37 kg ha⁻¹ e na biomassa total 30 kg ha⁻¹, já na braquiária solteira foi nas folhas 64 kg ha⁻¹, nos colmos 147 kg ha⁻¹ e na biomassa total 195 kg ha⁻¹ (Tabela 30). Esse maior acúmulo de K nas folhas na braquiária em consórcio, pode estar relacionado a maior demanda por água e um mais eficiente controle estomático. Batista et al. (2011) verificaram maior acúmulo desse nutriente durante a maturidade fisiológica do milho, com valores variando de 17 kg ha⁻¹ a 31 kg ha⁻¹.

O Ca esteve presente em maior quantidade nas folhas nos cultivos solteiro e consorciado (Figura 9). Na braquiária em consórcio o acúmulo nas folhas foi de 3,1 kg ha⁻¹, nos colmos 1,1 kg ha⁻¹ e na biomassa total 7,2 kg ha⁻¹; já na braquiária solteira foram acumulados nas folhas 19 kg ha⁻¹, nos colmos 7,0 kg ha⁻¹ e na biomassa total 26 kg ha⁻¹. Batista et al. (2011) verificaram maior acúmulo desse nutriente durante a maturidade fisiológica do milho, com valores variando de 6,2 kg ha⁻¹ a 4,9 kg ha⁻¹.

O Mg esteve presente em maior quantidade nas folhas nos cultivos solteiro (20 kg ha⁻¹) e consorciado (14 kg ha⁻¹) (Figura 9). O acúmulo de Mg na biomassa total na braquiária em consórcio foi 5,2 kg ha⁻¹; já na braquiária solteira foi 40 kg ha⁻¹. Batista et al. (2011) verificou o acúmulo desse nutriente durante a maturidade fisiológica do milho, obtendo valores variando de 3,3 kg ha⁻¹ a 4,8 kg ha⁻¹.

O S acumulou-se em maior proporção nas folhas nos cultivos solteiro (8,8 kg ha⁻¹) e consorciado (1,8 kg ha⁻¹) (Figura 9). O acúmulo de S na biomassa total na braquiária em consórcio foi 3,7 kg ha⁻¹; já na braquiária solteira foi 9,9 kg ha⁻¹, Batista et al. (2011) verificou maior acúmulo desse nutriente durante a maturidade fisiológica do milho, com valores variando de 1,7 kg ha⁻¹ a 1,0 kg ha⁻¹.

O padrão de acúmulo de macronutrientes na braquiária em consórcio foi K>N>Mg>P>Ca>S. Já na braquiária solteira foi encontrado K>N>Mg>Ca>P>S. No consórcio o milho e a braquiária competem por potássio, pois ambas são culturas com elevada exigência de K, enquanto em cultivo solteiro a braquiária não se encontrava com limitações na captação desse nutriente.



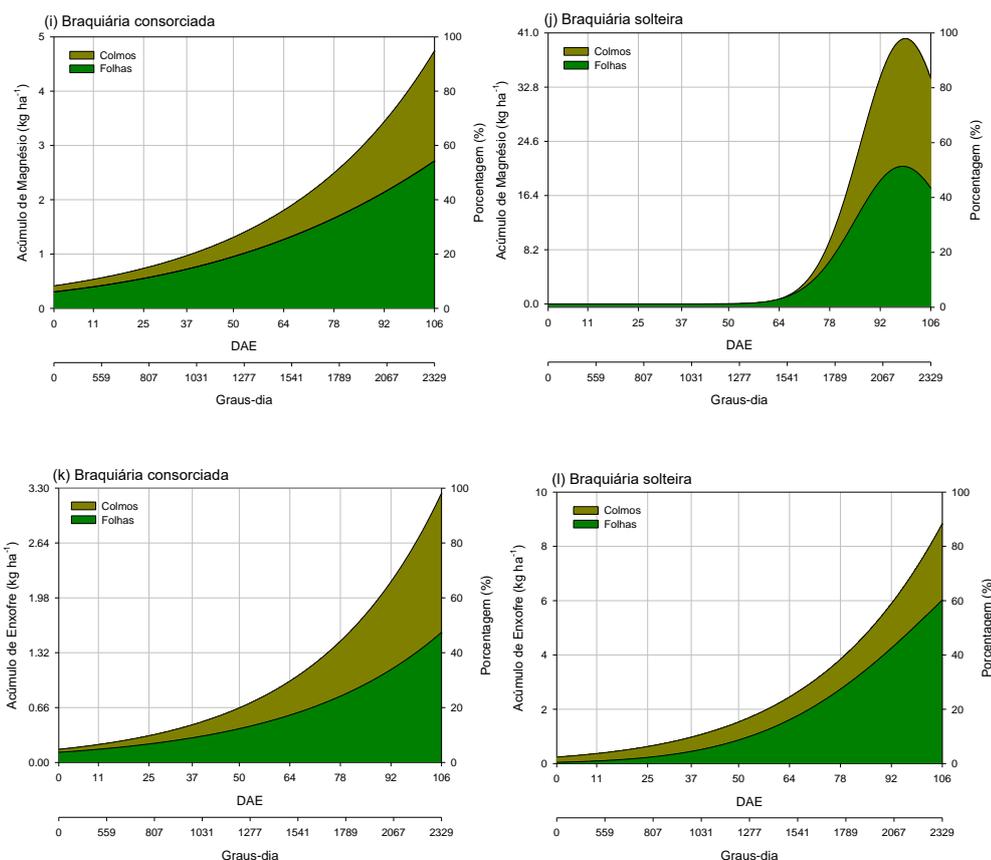


Figura 10. Acúmulo e particionamento de macronutrientes, em kg ha⁻¹, na braquiária em consórcio e solteira durante o seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.

De acordo com Boer et al. (2007), a quantidade de nutrientes acumulada depende da espécie utilizada, do estágio fenológico, da produção de matéria seca e do período de plantio. Braz et al. (2004) em um trabalho conduzido no estado de Goiás com *Urochloa brizantha* cv. Marandu verificaram que o máximo acúmulo de N, P, K foram alcançados aos 121 DAE, ressaltando que até essa data as plantas ainda se encontram em estágio vegetativo, semelhante as condições de clima desse trabalho.

Na mineralização do tecido foliar de culturas, ocorrem perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação, percolação e escoamento por erosão laminar (BRAZ et al. 2004), apesar das perdas estima-se que 60% a 70% do nitrogênio encontrado na biomassa vegetal é reciclado e novamente absorvido pelas plantas do cultivo seguinte (SPAIN & SALINAS 1985). De acordo com Jones & Woodmanse (1979), 77% do fósforo das folhas ficam disponíveis para o crescimento das plantas cultivadas logo após o cultivo de plantas de cobertura.

O potássio encontra-se predominantemente nas plantas na forma iônica K⁺, uma vez que esse nutriente não participa de componentes funcionais e estruturais,

porém participa do metabolismo vegetal como ativador enzimático (PRADO, 2020). A decomposição dos restos vegetais o libera na sua totalidade, dessa forma, pode-se considerar um aproveitamento de 100% do potássio proveniente dos restos culturais, porém, perdas desse nutriente por lixiviação podem ocorrer em solos arenosos (SPAIN & SALINAS, 1985).

O cálcio foi acumulado em maiores quantidades nas partições da braquiária solteira em relação a braquiária consorciada, o que pode ser explicado por o Ca está presente em constituintes estruturais da célula, como a parede celular, atuando como cofator de enzimas envolvidas na respiração das plantas, o que dificulta sua mineralização e liberação ao solo (BÔER et al., 2007), como consequência, tem-se um grande acúmulo deste nutriente em plantas que apresentam um colmo mais lignificado na maturação, considerando que as plantas de braquiária em cultivo solteiro tiveram maiores crescimento e desenvolvimento do que as plantas consorciadas.

O elevado acúmulo de magnésio nos dois sistemas de cultivos pode estar relacionado com a produção de biomassa (PITTELKOW et al., 2012). Silva et al. (2003) obtiveram um valor médio de acúmulo de Mg igual a 41 kg ha⁻¹, próximo ao encontrado na braquiária solteira nesse trabalho, que foi de 40 kg ha⁻¹.

O enxofre atua no metabolismo do nitrogênio (FBN), na síntese proteína, na fotossíntese, respiração celular, e fixação de CO₂ (PRADO, 2020). Santos (1997), trabalhando com a braquiária testou doses de nitrogênio e de enxofre, separadamente e observou aumentos na produção de massa seca da parte aérea, na concentração do nutriente nas partes das plantas e no número de perfilhos da forrageira à medida que elevou a dose desses nutrientes.

A tabela 31 apresenta a análise de variância dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn e B nas folhas em plantas de braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência.

Tabela 31. Resumo da análise de variância para os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B), nas folhas em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
BC	2,14 b	203,34 a	10,87 b	15,19 b	8,45 b
BS	9,17 a	279,88 a	30,53 a	40,07 a	18,56 a
Teste F	**	ns	**	**	**

DAE					
11	0,68	12,57	4,35	5,09	1,59
25	1,31	55,88	6,82	5,43	3,04
37	4,57	248,65	16,34	14,27	7,04
50	3,53	188,05	11,99	19,11	6,93
64	2,29	214,43	17,72	35,41	14,37
78	1,69	206,16	22,31	20,75	11,69
92	14,92	465,07	41,58	61,02	31,20
106	16,27	542,07	44,51	60,00	32,24
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**
CV1(%)	30,58	44,89	35,06	48,46	50,79
CV2(%)	47,45	36,21	42,66	40,80	49,40

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p < 0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A tabela 31 apresenta a análise de variância dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn e B nos colmos em plantas de braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência.

Tabela 32. Resumo da análise de variância para os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B), nos colmos em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
BC	1,12 b	86,78 b	9,91 b	7,27 b	4,02 b
BS	4,78 a	162,38 a	44,65 a	48,72 a	14,34 a
Teste F	**	**	**	**	**
DAE					
11	0,23	10,68	1,96	1,81	1,57
25	0,72	46,13	2,70	2,57	2,50
37	1,64	60,82	4,85	4,54	3,52
50	2,03	67,02	5,22	6,43	2,79
64	1,98	87,85	23,16	22,98	6,65
78	1,36	89,08	19,53	21,31	6,56
92	7,00	235,47	64,19	84,71	19,24
106	8,69	399,62	91,75	79,64	30,62
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**
CV1(%)	114,31	22,36	13,09	47,93	33,69
CV2(%)	79,88	42,60	25,88	51,12	34,99

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

A tabela 33 apresenta a análise de variância dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn e B na planta toda (folha + colmo) em plantas de braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência.

Tabela 33. Resumo da análise de variância para os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B), na planta inteira em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
BC	3,27 b	290,12 b	20,79 b	22,46 b	12,48 b
BS	13,95 a	442,26 a	71,56 a	88,79 a	32,90 a
Teste F	**	**	**	**	**
DAE					
11	0,91	23,25	6,32	6,90	3,16
25	2,02	102,01	9,53	8,00	5,53
37	6,21	309,47	21,19	18,80	10,57
50	5,56	255,07	17,21	25,54	9,72
64	4,27	302,27	40,87	58,38	21,01
78	3,05	295,24	41,83	42,06	18,25
92	21,92	700,54	110,72	145,73	50,44
106	24,96	941,69	136,27	139,63	62,86
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	**	**	**	**	**
CV1(%)	38,60	35,29	13,57	36,91	22,77
CV2(%)	35,75	28,90	53,36	38,29	34,30

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na tabela 34 tem-se o desdobramento da interação entre as partições (folha e colmo) e na planta inteira em braquiária em cultivos consorciado e solteira, dos 11 aos 106 dias após a emergência. Para o Cu foi observado que aos 92 DAE houve diferenças para o acúmulo de Cu, Fe, Mn e B entres os cultivos consórcio e solteira, para o Zn essa diferença ocorreu aos 78 DAE.

Com o Cu o acúmulo na BC foi de 2,55 g ha⁻¹ e na BS 41,30 g ha⁻¹. Já para o Fe foi 351,08 g ha⁻¹ e 1.049,99 g ha⁻¹, respectivamente aos 92 DAE. Para o zinco o acúmulo do nutriente foi de 22,17 g ha⁻¹ na braquiária em consórcio e 61,49 g ha⁻¹ na

braquiária solteira. Com o micronutriente Mn ocorreu acúmulo de 18,74 g ha⁻¹ na BC e 272,73 g ha⁻¹ na BS. Com o boro foi de 13,71 g ha⁻¹ na BC e 87,17 g ha⁻¹ na BS aos 92 DAE.

Esse menor acúmulo de micronutrientes ocorrido na braquiária em consórcio pode ser justificado pela competição de nutrientes com o milho, as plantas de milho sombrearam a gramínea, reduzindo o crescimento e a expansão foliar da braquiária e o perfilhamento (DPP), além do impacto da aplicação do herbicida nas plantas de braquiária. Na braquiária solteira pode não ocorreu competição por micronutrientes equivalente a braquiária em consórcio, devido a elevada densidade de plantas/área, o que afeta o crescimento e a expansão foliar.

Até os 64 DAE o acúmulo de micronutrientes na braquiária em consórcio e solteira são semelhantes, o que pode ter ocorrido pelo início do estágio reprodutivo do milho, elevando a demanda em nutrientes pelas culturas, dessa forma, seria interessante a reposição de nutrientes nesse período para a cultura da braquiária.

Tabela 34. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de micronutrientes na braquiária em cultivo consorciado e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

DAE	Folha		Colmo		Total	
	BC	BS	BC	BS	BC	BS
Cobre (g ha ⁻¹)						
11	0,28 a	1,08 a	0,08 a	0,39 a	0,36 a	1,47 a
25	1,55 a	1,07 a	0,70 a	0,74 a	2,25 a	1,80 a
37	2,52 a	6,62 a	0,74 a	2,54 a	3,26 a	9,16 a
50	3,12 a	3,92 a	1,51 a	2,56 a	4,62 a	6,50 a
64	2,35 a	2,22 a	1,79 a	2,18 a	4,15 a	4,40 a
78	0,44 a	2,94 a	0,86 a	1,86 a	1,30 a	4,80 a
92	1,87 b	27,97 a	0,68 b	13,32 a	2,55 b	41,30 a
106	4,99 b	27,54 a	2,68 b	14,69 a	7,70 b	42,24 a
CV1%	30,58		114,31		38,60	
CV2%	47,45		79,88		35,75	
Ferro (g ha ⁻¹)						
11	7,52 a	17,63 a	6,26 a	15,10 a	13,77 a	32,73 a
25	74,95 a	36,81 a	44,44 a	47,81 a	119,39 a	84,62 a
37	170,54 b	326,77 a	36,96 a	84,69 a	207,49 a	411,45 a
50	158,07 a	218,03 a	64,70 a	69,34 a	222,77 a	287,37 a
64	246,22 a	182,64 a	70,16 a	105,53 a	316,37 a	288,17 a
78	234,62 a	177,70 a	70,61 a	107,55 a	305,23 a	285,25 a
92	279,55 b	650,58 a	71,53 b	399,41 a	351,08 b	1049,99 a
106	455,26 b	628,88 a	329,60 b	469,64 a	784,86 b	1098,52 a

CV1%	44,89		22,36		35,29	
CV2%	36,21		42,60		28,90	
Zinco (g ha ⁻¹)						
11	2,04 a	6,67 a	0,92 a	3,00 a	2,96 a	9,67 a
25	8,73 a	4,92 a	2,64 a	2,75 a	11,37 a	7,68 a
37	13,94 a	18,75 a	1,85 a	7,85 a	15,78 a	26,59 a
50	14,67 a	9,29 a	2,36 a	8,07 a	17,04 a	17,37 a
64	13,94 a	21,49 a	10,40 a	35,90 a	24,35 a	57,39 a
78	12,51 b	32,11 a	9,67 a	29,38 a	22,17 b	61,49 a
92	7,90 b	75,26 a	8,72 b	129,56 a	16,61 b	204,83 a
106	13,27 b	75,75 a	42,77 b	140,67 a	56,04 b	216,49 a
CV1%	35,06		28,96		11,83	
CV2%	42,66		33,77		31,49	
Manganês (g ha ⁻¹)						
11	2,14 a	8,02 a	0,84 a	2,78 a	2,98 a	10,81 a
25	7,65 a	3,19 a	3,19 a	1,95 a	10,84 a	5,15 a
37	9,43 a	19,10 a	2,82 a	6,79 a	11,71 a	25,89 a
50	15,57 a	22,66 a	3,74 a	9,12 a	19,32 a	31,78 a
64	40,38 a	30,43 a	11,14 a	34,81 a	51,54 a	62,23 a
78	12,15 a	29,34 a	8,27 a	34,35 a	20,43 a	63,68 a
92	11,52 b	110,52 a	7,22 b	162,20 a	18,74 b	272,73 a
106	22,71 b	97,29 a	21,46 b	137,81 a	44,17 b	235,09 a
CV1%	48,46		47,93		36,91	
CV2%	40,80		51,12		38,29	
Boro (g ha ⁻¹)						
11	0,66 a	2,52 a	0,57 a	2,57 a	1,22 a	5,09 a
25	4,52 a	1,56 a	2,50 a	2,49 a	7,02 a	4,40 a
37	6,91 a	7,17 a	2,21 a	4,83 a	9,13 a	12,00 a
50	5,28 a	8,57 a	3,00 a	2,57 a	8,28 a	11,15 a
64	11,18 a	17,54 a	3,57 a	9,71 a	14,76 a	27,26 a
78	12,85 a	10,52 a	3,36 a	9,76 a	16,21 a	20,28 a
92	11,44 b	50,96 a	2,27 b	36,20 a	13,71 b	87,17 a
106	14,80 b	49,69 a	14,68 b	46,56 a	29,48 b	96,24 a
CV1%	50,79		33,69		22,77	
CV2%	49,40		34,99		34,30	

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os modelos que melhor se ajustaram ao acúmulo de micronutrientes nas folhas, colmos e planta inteira na braquiária nos dois sistemas de cultivo (consórcio e solteira) estão descritos na tabela 35, onde observou-se coeficiente de determinação acima de 0,41.

O máximo acúmulo de cobre na braquiária em consórcio foi de 4,3 g ha⁻¹ nas folhas, 2,4 g ha⁻¹ nos colmos e 6,0 g ha⁻¹ na planta inteira (Tabela 35). Na braquiária solteira observou-se um acúmulo de 35 g ha⁻¹ nas folhas, 17 g ha⁻¹ nos colmos e 53 g ha⁻¹ na planta inteira (Tabela 35).

Na tabela 35 para o ferro verificou-se que no cultivo de braquiária em consórcio o máximo acúmulo nas folhas foi de 656 g ha⁻¹, nos colmos 346 g ha⁻¹ e total 707 g ha⁻¹, já para a braquiária solteira foi observado acúmulo de 635 g ha⁻¹ nas folhas, 522 g ha⁻¹ nos colmos e 1.160 g ha⁻¹ na planta inteira.

Para o micronutriente zinco na braquiária em consórcio observou-se um acúmulo maior nos colmos (42 g ha⁻¹) que nas folhas (14 g ha⁻¹), a planta inteira nesse sistema de cultivo acumulou 52 g ha⁻¹ de Zn. Na braquiária solteira foi observado similaridade entre o padrão de acúmulo que foi maior nos colmos (152 g ha⁻¹) que nas folhas (91 g ha⁻¹), a planta toda acumulou 223 g ha⁻¹ de Zn.

Na braquiária em consorcio o acúmulo de Mn foi de 24 g ha⁻¹ nas folhas, 21 g ha⁻¹ nos colmos e 34 g ha⁻¹ na planta inteira, já na braquiária solteira verificou-se um acúmulo de 117 g ha⁻¹ nas folhas, 182 g ha⁻¹ nos colmos e 301 g ha⁻¹ na planta inteira.

Verificou-se um acúmulo de Boro na braquiária em consorcio, para as folhas de 13 g ha⁻¹, para os colmos de 21 g ha⁻¹ e na planta inteira de 28 g ha⁻¹. Na braquiária solteira foram acumulados 61 g ha⁻¹ nas folhas, 53 g ha⁻¹ nos colmos e 114 g ha⁻¹ na planta inteira (folha+colmo).

Tabela 35. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R²) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cobre							
Partições	Parâmetros do modelo ⁽¹⁾				PI	R ²	Modelo
	a ⁽²⁾ g ha ⁻¹	b ⁽³⁾ DAE	x0 ⁽⁴⁾	c ⁽⁶⁾			
Folha BC	4,3 ^{ns}	33 ^{ns}	116 ^{ns}	1,0 ^{ns}	83	0,41	Gaussiana
Folha BS	35 ^{**}	9,1 ^{**}	98 ^{**}	-	89	0,92	Gaussiana
Colmo BC	2,4 ^{ns}	30 ^{ns}	113 ^{ns}	1,0 ^{ns}	83	0,52	Gaussiana
Colmo BS	17 ^{**}	10 ^{**}	99 ^{**}	-	89	0,92	Gaussiana
Total BC	6,0 ^{ns}	32 ^{ns}	115 ^{ns}	1,0 ^{ns}	83	0,46	Gaussiana
Total BS	53 ^{**}	9,5 ^{**}	98 ^{**}	-	88	0,93	Gaussiana
Ferro							
Folha BC	656 ^{ns}	82 ^{ns}	204 ^{ns}	-	122	0,91	Gaussiana
Folha BS	635 ^{**}	25 ^{ns}	101 ^{**}	-	76	0,76	Lorentziana
Colmo BC	346 ^{ns}	8,4 ^{ns}	107 ^{ns}	1,0 ^{ns}	99	0,84	Gaussiana
Colmo BS	522 ^{**}	15 ^{**}	101 ^{**}	-	86	0,96	Lorentziana

Total BC	707**	20 ^{ns}	106 ^{ns}	-	86	0,89	Gaussiana
Total BS	1.160**	19*	100**	-	81	0,87	Lorentziana
Partições		Zinco					
Folha BC	14**	37**	66**	-	29	0,71	Gaussiana
Folha BS	91 ^{ns}	37 ^{ns}	125*	-	88	0,92	Gaussiana
Colmo BC	42 ^{ns}	7,2 ^{ns}	109 ^{ns}	-	102	0,90	Gaussiana
Colmo BS	152**	13**	100**	-	87	0,95	Gaussiana
Total BC	52 ^{ns}	22 ^{ns}	111 ^{ns}	-	89	0,75	Gaussiana
Total BS	223**	19**	103**	-	84	0,94	Gaussiana
Partições		Manganês					
Folha BC	24**	30*	70**	-	40	0,49	Gaussiana
Folha BS	117**	13**	98**	-	85	0,87	Gaussiana
Colmo BC	21 ^{ns}	18 ^{ns}	109 ^{ns}	-	81	0,81	Gaussiana
Colmo BS	182**	11**	97**	-	88	0,96	Gaussiana
Total BC	34**	45 ^{ns}	93*	-	48	0,54	Gaussiana
Total BS	301**	11**	97	-	86	0,93	Gaussiana
Partições		Boro					
Folha BC	13**	46**	101**	-	55	0,92	Gaussiana
Folha BS	61**	13**	98**	-	85	0,94	Lorentziana
Colmo BC	21 ^{ns}	8,0 ^{ns}	112 ^{ns}	1,0 ^{ns}	104	0,75	Gaussiana
Colmo BS	53**	13**	101**	-	88	0,98	Lorentziana
Total BC	28*	24 ^{ns}	108**	1,0 ^{ns}	84	0,86	Gaussiana
Total BS	114**	13**	99**	-	86	0,96	Lorentziana

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em g ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p<0,05), respectivamente.

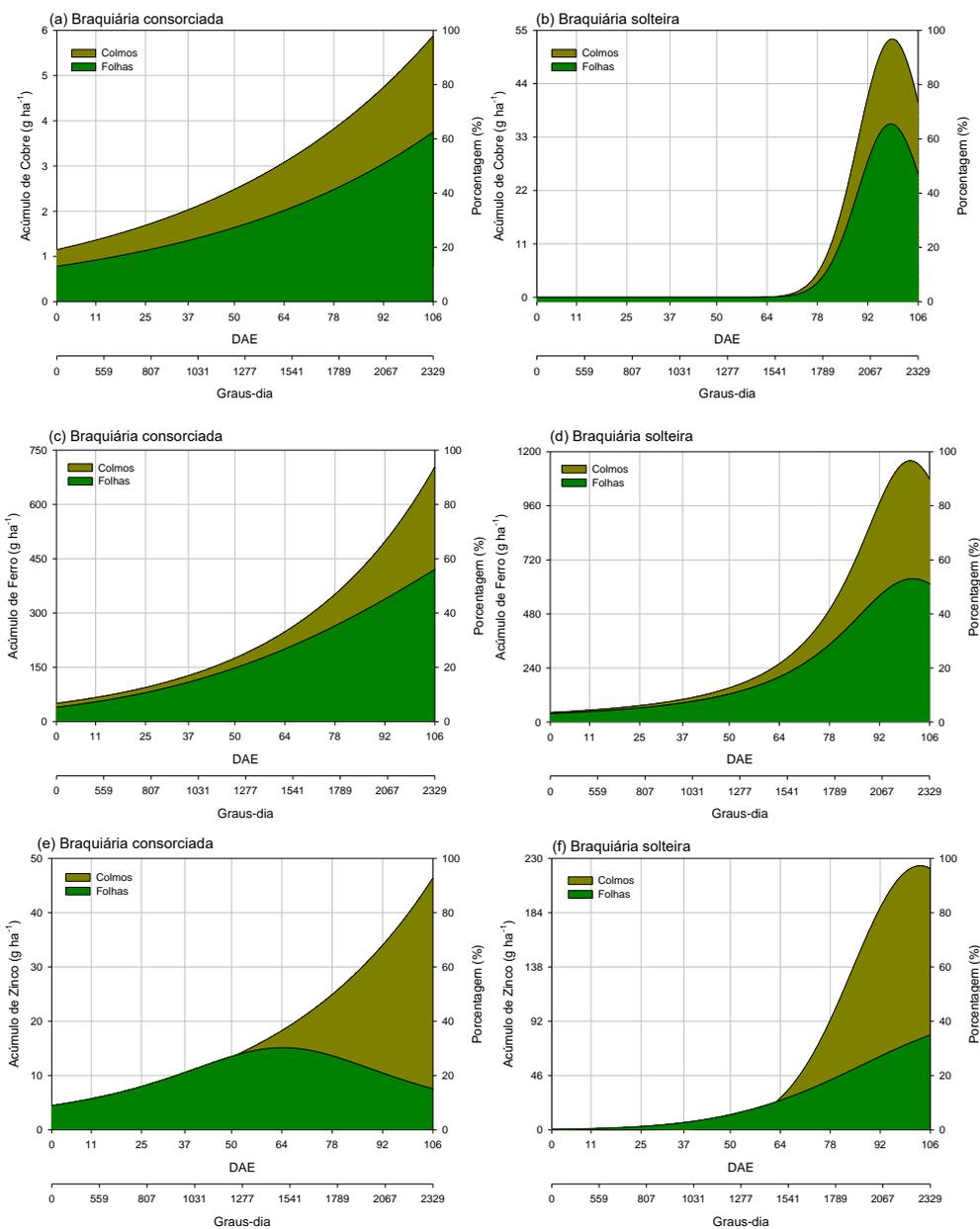
MSF – massa seca de folha, MSC – massa seca de colmo, MST – massa seca total, BC – braquiária em consórcio, BS – Braquiária solteira.

O Cu esteve presente em maior quantidade nas folhas nos cultivos solteiro e consorciado (Figura 11), Braz et al. (2004), em um ensaio com braquiária o máximo acúmulo de cobre foi de 80 g ha⁻¹, superior ao encontrado nos dois ensaios deste trabalho, em consórcio e solteiro.

O Fe esteve presente em maior quantidade nas folhas nos cultivos solteiro e consorciado (Figura 11), Braz et al. (2004) para o capim braquiária, obtiveram o máximo acúmulo de Fe de 4.635 g ha⁻¹ aos 139 dias após a emergência.

Para o Zn foram observadas maiores concentrações nos colmos nos dois cultivos, com aumento a partir dos 64 DAE na braquiária consórcio e 50 DAE na braquiária solteira (Figura 11). Braz et al. (2004) obtiveram como máximo acúmulo de zinco 190 g ha⁻¹ aos 110 DAE, quantidade de nutrientes superior a braquiária consorciada, porém próximo a braquiária em cultivo solteiro que foi de 219 g ha⁻¹.

O Mn esteve presente em maior quantidade nas folhas na braquiária consorciada e nos colmos na braquiária solteira (Figura 11). Braz et al. (2004) para o capim braquiária, obtiveram o máximo acúmulo de Mn de 200 g ha^{-1} aos 110 dias após a emergência, superior aos valores obtidos nesse trabalho para a braquiária em consórcio, mas próximo aos valores encontrados para a braquiária solteira (Figura 11). Para o Boro verificou-se que a maior parte esteve presente nas folhas na braquiária em consórcio e nos colmos na braquiária solteira (Figura 11).



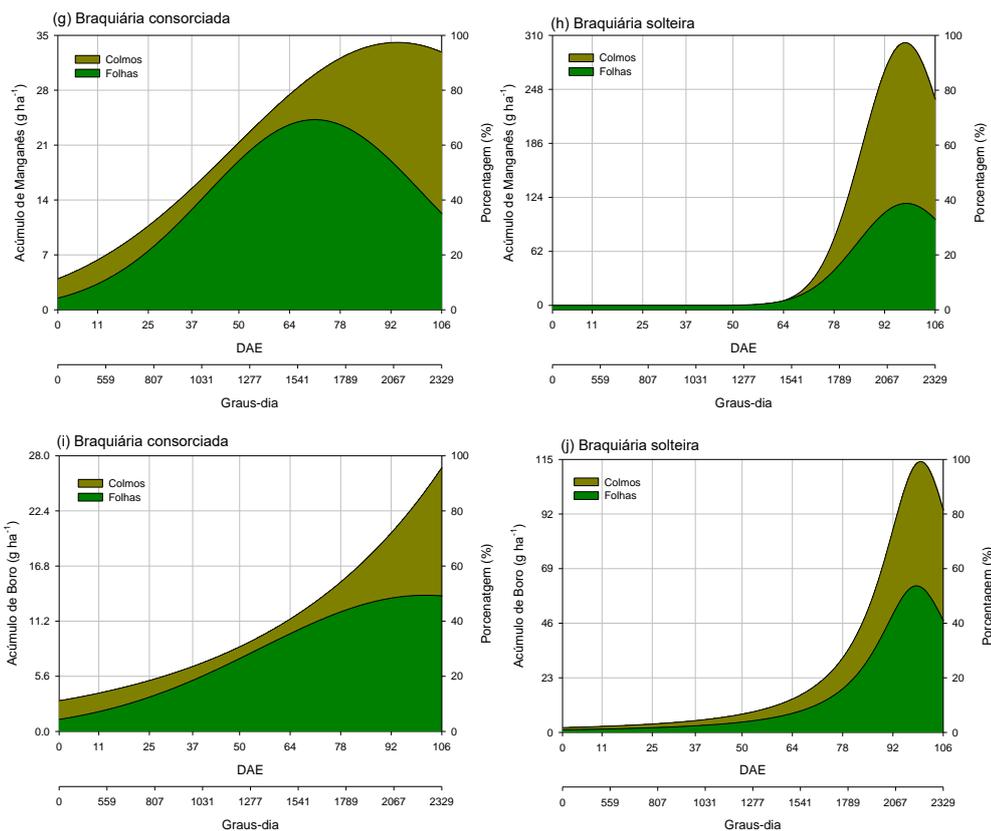


Figura 11. Acúmulo e particionamento de micronutrientes, em g ha^{-1} , na braquiária em consórcio e solteira durante o seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022

Os padrões de absorção de micronutrientes na braquiária em consórcio foram $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Cu}$, já na solteira foram $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$. Braz et al. (2004) encontraram o padrão de absorção $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$, onde o ferro foi o micronutriente de maior acumulação e o cobre o de menor acumulação no limbo foliar da gramínea braquiária, essa mesma sequência decrescente de acúmulo de micronutrientes foi encontrada por Oliveira et al. (2011).

Na tabela 36 observamos que o acúmulo de matéria seca e de nutrientes foi maior para todos os parâmetros na braquiária solteira, o que evidencia que o crescimento da braquiária em consórcio foi reduzido devido a cultivo consorciado com o milho, além do espaçamento de plantio utilizado para o milho, que pode ter prejudicado a produção em matéria seca e o acúmulo de nutrientes na braquiária.

Tabela 36. Acúmulo de nutrientes associado à produção de matéria seca na cultura da braquiária em consórcio e solteira durante o ciclo de cultivo do milho. Brejo, Maranhão, 2022.

Total acumulado		Acumulado na folha		F/T ⁽²⁾		Coeficiente de remoção ⁽³⁾		DAE máximo acúmulo	
BC	BS	BC	BS	BC	BS	BC	BS	BC	BS

Parâmetros	-----kg ha ⁻¹ -----				kg t ⁻¹						
	1.527	9.340	646	3.880	0,4	0,4	-	-	-	-	
Matéria seca ⁽¹⁾											
N	20	102	10	49	0,5	0,5	6,7	5,3	106	92	
P	4,7	15	1,8	5,7	0,3	0,4	1,2	0,6	106	92	
K	34	178	14	58	0,4	0,3	9,3	6,2	106	92	
Ca	4,3	21	3,2	15	0,7	0,7	2,1	1,6	106	92	
Mg	5,3	33	3,2	17	0,6	0,5	2,1	1,8	106	92	
S	3,8	8,1	1,9	5,2	0,5	0,6	1,3	0,6	106	106	
	-----g ha ⁻¹ -----				g t ⁻¹						
Cu	7,6	40	5,0	25	0,7	0,6	3,3	2,7	106	92	
Fe	784	1.054	455	584	0,6	0,6	30	62	106	106	
Zn	56	211	13	70	0,2	0,3	8,7	7,5	106	106	
Mn	44	228	22	91	0,5	0,4	14	9,8	64	92	
B	29	93	15	47	0,5	0,5	10	5,1	106	106	

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira.

(1) Matéria seca.

(2) Adaptação acumulado folha/acúmulo total

(3) Adaptação de grãos para folhas (máximo absorvido folha/matéria seca total)

O acúmulo total em matéria seca na braquiária em consórcio foi de 1.527 kg ha⁻¹, onde 646 kg ha⁻¹ foram formados por folhas, na braquiária solteira foi de 9.340 kg ha⁻¹ com 3.880 kg ha⁻¹ composto por folhas.

3.4.2 Braquiária em cultivo subsequente à colheita dos grãos de milho

Os resultados da análise de variância (tabela 37) evidenciaram que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e os dias após a emergência (DAE) para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) avaliados na braquiária nas folhas, entre 106 e 278 DAE.

Tabela 37. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nas folhas em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
BC	17,99 b	1,74 b	16,17 b	3,70 b	5,15 b	1,41 b
BS	42,28 a	4,56 a	49,18 a	9,34 a	12,54 a	3,96 a
Teste F	**	**	*	**	**	**
DAE						
106	32,06	4,00	38,97	9,76	11,01	3,83
159	7,77	2,40	12,26	2,95	4,41	1,33
192	27,14	2,44	24,14	6,66	6,95	2,27
221	25,57	1,59	20,88	5,15	8,38	1,78
278	58,15	5,35	67,12	8,07	13,49	4,23

Teste F	**	**	**	**	**	**
C x DAE	**	*	**	**	**	**
CV1(%)	70,03	36,76	78,63	28,41	41,15	55,05
CV2(%)	41,03	49,85	46,32	32,89	29,64	35,12

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os resultados da análise de variância (tabela 38) evidenciaram que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e os dias após a emergência (DAE) para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) avaliados na braquiária nos colmos, entre 106 e 278 DAE.

Tabela 38. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nos colmos em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	kg ha ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S
BC	8,99 a	1,38 b	11,37 b	1,28 b	3,07 b	1,16 b
BS	8,97 a	4,63 a	67,61 a	6,39 a	16,94 a	4,03 a
Teste F	ns	*	*	**	**	*
DAE						
106	10,28	6,16	69,96	3,84	9,37	2,40
159	8,44	3,43	54,55	4,12	12,02	2,55
192	7,33	2,40	28,43	3,62	8,96	2,08
221	12,21	1,80	25,32	4,19	13,27	4,16
278	6,67	1,23	19,20	3,41	6,40	1,79
Teste F	ns	**	**	ns	*	*
C x DAE	ns	*	**	ns	ns	*
CV1(%)	82,55	90,23	77,60	74,14	48,55	72,48
CV2(%)	50,10	57,14	52,04	48,03	42,73	57,17

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os resultados da análise de variância (tabela 39) evidenciaram que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e os dias após a emergência (DAE) para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) avaliados na braquiária na planta inteira (folha + colmo), entre 106 e 278 DAE.

Tabela 39. Resumo da análise de variância para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), na planta inteira em braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivo	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
BC	26,99 a	3,13 b	27,54 b	4,96 b	8,22 b	2,57 b
BS	51,25 a	9,18 a	116,79 a	15,74 a	29,48 a	7,99 a
Teste F	ns	**	*	**	**	**
DAE						
106	42,33	10,16	108,93	13,60	20,38	6,23
159	16,21	5,83	66,81	7,08	16,43	3,88
192	34,47	4,84	52,57	10,28	15,92	4,35
221	37,79	3,38	46,20	9,34	21,64	5,94
278	64,82	6,58	86,32	11,48	19,89	6,02
Teste F	**	**	**	*	ns	ns
C x DAE	*	ns	*	*	ns	ns
CV1(%)	70,81	45,34	75,63	42,17	41,80	54,20
CV2(%)	39,23	46,89	43,00	33,35	30,20	37,19

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p < 0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 40 observa-se que a quantidade de todos os macronutrientes acumulados foram maiores na braquiária solteira quando comparado à braquiária consorciada, dessa forma houve competição entre o milho e a braquiária em consórcio por água e nutrientes, mas principalmente pela aplicação de herbicida no início do desenvolvimento da braquiária com fins a proporcionar menor competição para o milho. Como consequência, houve menor crescimento e acúmulo de nutrientes para a braquiária em cultivo consorciado.

Na braquiária em consórcio, o maior acúmulo de N ocorreu aos 278 DAE com 41,50 kg ha⁻¹; o maior acúmulo de P foi aos 106 DAE com 4,73 kg ha⁻¹; K aos 106 DAE com 34,37 kg ha⁻¹; Ca 192 DAE 6,34 kg ha⁻¹; Mg aos 278 DAE com 12,87 kg ha⁻¹ e S aos 106 DAE com 3,83 kg ha⁻¹ (Tabela 40).

Na braquiária solteira os maiores acúmulo de N e Ca foram observados aos 278 DAE com acúmulo de 80,99 kg ha⁻¹ e 22,83 kg ha⁻¹ desses nutrientes, P, K e Mg aos 106 DAE com um acúmulo de 15,59 kg ha⁻¹, 183,49 kg ha⁻¹ e 35,37 kg ha⁻¹, respectivamente, para S aos 221 DAE com 9,63 kg ha⁻¹ (Tabela 40).

Tabela 40. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de macronutrientes na braquiária em cultivo consorciado e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

DAE	Folha		Colmo		Total	
	BC	BS	BC	BS	BC	BS
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)						
106	10,49 b	53,62 a	9,82 a	10,72 a	20,31 a	64,34 a
159	6,75 a	8,78 a	9,39 a	7,49 a	16,15 a	16,27 a
192	19,09 b	35,19 a	6,43 a	8,22 a	25,52 b	43,41 a
221	17,99 b	33,15 a	13,48 a	10,94 a	31,47 a	44,10 a
278	35,63 b	80,65 a	5,86 a	7,48 a	41,50 b	88,14 a
CV1%	70,03		82,55		70,81	
CV2%	41,03		50,10		39,23	
Fósforo (kg ha ⁻¹)						
106	1,88 b	6,12 a	2,85 b	9,48 a	4,73 b	15,59 a
159	1,33 b	3,48 a	2,32 b	4,54 a	3,65 b	8,02 a
192	1,96 a	2,91 a	0,61 b	4,20 a	2,56 b	7,11 a
221	0,89 a	2,29 a	0,80 b	2,81 a	1,68 b	5,09 a
278	2,68 b	8,00 a	0,35 a	2,11 a	3,03 b	10,13 a
CV1%	36,76		90,23		45,34	
CV2%	49,85		57,14		46,89	
Potássio (kg ha ⁻¹)						
106	14,53 b	63,41 a	19,84 b	120,08 a	34,37 b	183,49 a
159	6,32 a	18,15 a	16,00 b	93,10 a	22,35 b	111,26 a
192	17,42 a	30,85 a	6,73 b	50,13 a	24,15 b	80,98 a
221	14,37 a	27,37 a	9,64 b	41,00 a	24,01 b	68,37 a
278	28,15 b	106,08 a	4,64 b	33,76 a	32,79 b	139,85 a
CV1%	78,63		77,60		75,63	
CV2%	46,32		52,04		43,00	
Cálcio (kg ha ⁻¹)						
106	3,27 b	16,23 a	1,09 b	6,59 a	4,36 b	22,83 a
159	1,97 a	3,94 a	1,44 b	6,81 a	3,41 b	10,75 a
192	5,43 b	7,88 a	0,91 b	6,32 a	6,34 b	14,22 a
221	2,55 b	7,74 a	2,08 b	6,31 a	4,62 b	14,06 a
278	5,22 b	10,92 a	0,89 b	5,91 a	6,11 b	16,84 a
CV1%	28,41		74,14		42,17	
CV2%	32,89		48,03		33,65	
Magnésio (kg ha ⁻¹)						
106	3,25 b	18,77 a	2,14 b	16,60 a	5,40 b	35,37 a
159	2,53 b	6,29 a	3,89 b	20,15 a	6,42 b	26,44 a
192	5,03 b	8,87 a	2,01 b	15,91 a	7,05 b	24,87 a
221	3,92 b	12,83 a	5,49 b	21,04 a	9,41 b	33,88 a
278	11,04 b	15,93 a	1,82 b	10,98 a	12,87 b	26,92 a

CV1%	41,15		48,55		41,80	
CV2%	29,64		42,73		30,20	
Enxofre (kg ha ⁻¹)						
106	1,92 b	5,73 a	1,90 a	2,90 a	3,83 b	8,63 a
159	0,71 a	1,94 a	1,44 b	3,65 a	2,15 b	5,60 a
192	1,38 a	3,15 a	0,57 b	3,58 a	1,96 b	6,73 a
221	1,00 a	2,55 a	1,26 b	7,07 a	2,27 b	9,63 a
278	2,03 b	6,42 a	0,63 b	2,95 a	2,66 b	9,38 a
CV1%	55,05		72,48		54,20	
CV2%	35,12		57,17		37,19	

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os parâmetros do modelo para o acúmulo de macronutrientes nas partições da planta de braquiária em consórcio e solteira ajustaram-se às variáveis do modelo empregado, com coeficientes de determinação acima de 0,24 (Tabela 41).

Na braquiária em consórcio o máximo acúmulo de N nas folhas foi 69 kg ha⁻¹, nos colmos 9,7 kg ha⁻¹ e total 36 kg ha⁻¹, já na braquiária solteira verificou-se nas folhas acúmulo de 53 kg ha⁻¹, nos colmos 9,8 kg ha⁻¹ e total 59 kg ha⁻¹ no período de 106 a 278 dias após a emergência (Tabela 41).

Para o fósforo verificou-se em ambos os cultivos de braquiária (consorciada e solteira) um acúmulo de 4,4 kg ha⁻¹ nas folhas, 6,8 kg ha⁻¹ nos colmos e na planta inteira 10 kg ha⁻¹ (Tabela 41).

Para o macronutriente potássio verificou-se no cultivo de braquiária consorciada um acúmulo de 27 kg ha⁻¹ nas folhas, 21 kg ha⁻¹ nos colmos e na planta inteira 10 kg ha⁻¹, já para a braquiária solteira foram acumulados 116 kg ha⁻¹ nas folhas, 116 kg ha⁻¹ nos colmos e 200 kg ha⁻¹ na planta inteira (Tabela 41).

Com o cálcio nas plantas de braquiária em consórcio foram acumulados 4,9 kg ha⁻¹ nas folhas, 1,4 kg ha⁻¹ nos colmos e 6,6 kg ha⁻¹ na planta inteira. Nas plantas de braquiária solteira observou-se um acúmulo de 12 kg ha⁻¹ nas folhas, 7,8 kg ha⁻¹ nos colmos e 20 kg ha⁻¹ na planta inteira (Tabela 41).

Na tabela 41 observou-se que na braquiária, em ambos os sistemas de cultivo, foram acumulados para o Mg 10 kg ha⁻¹ nas folhas, 11 kg ha⁻¹ nos colmos. Já para o enxofre observou-se um acúmulo de 3,6 kg ha⁻¹ nas folhas e 3,4 nos colmos, nos dois sistemas de cultivo (braquiária consorciada e solteira).

Tabela 41. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R^2) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Nitrogênio								
Parâmetros do modelo ⁽¹⁾								
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x0 ⁽⁴⁾	yo ⁽⁵⁾	c ⁽⁶⁾	PI	R ²	Modelo
Partições	kg ha ⁻¹	DAE						
Folha BC	69 ^{ns}	178 ^{ns}	135 [*]	77 ^{ns}	-	-	0,93	Lorentziana
Folha BS	53 ^{ns}	0,2 ^{ns}	172 ^{**}	71 ^{ns}	-	172	0,72	Log Normal
Colmo BC	9,7 ^{**}	140 ^{ns}	168 ^{ns}	-	-	28	0,63	Lorentziana
Colmo BS	9,8 ^{ns}	265 ^{ns}	152 ^{ns}	-	-	-	0,18	Log Normal
Total BC	36 [*]	90 [*]	52 [*]	142 ^{**}	-	-	0,99	Lorentziana
Total BS	59 ^{ns}	0,1 ^{ns}	171 ^{ns}	79 ^{ns}	-	171	0,76	Log Normal
Partições		Fósforo						
Folha	4,4 ^{ns}	170 ^{ns}	318 ^{ns}	-	-	148	0,88	Gaussiana
Colmo	6,8 ^{ns}	97 ^{ns}	47 ^{ns}	-	-	-	0,96	Gaussiana
Total	10 ^{**}	82 ^{**}	215 ^{**}	14 ^{ns}	-	133	0,98	Gaussiana
Partições		Potássio						
Folha BC	-27 ^{ns}	84 ^{ns}	155 ^{ns}	37 ^{ns}	-	71	0,82	Gaussiana
Folha BS	116 ^{ns}	35 ^{ns}	289 ^{ns}	-	-	-	0,49	Lorentziana
Colmo BC	21 ^{ns}	67 ^{ns}	84 ^{ns}	-	1,0 ^{ns}	17	0,79	Gaussiana
Colmo BS	116 ^{**}	39 ^{**}	124 ^{**}	24 [*]	-	85	0,99	Lorentziana
Total BC	-10 ^{ns}	52 ^{ns}	174 ^{ns}	33 [*]	13 ^{ns}	122	0,97	Gaussiana
Total BS	-200 ^{ns}	87 ^{ns}	208 [*]	262 [*]	-	221	0,99	Lorentziana
Partições		Cálcio						
Folha BC	4,9 ^{ns}	116 ^{ns}	278 ^{ns}	-	-	162	0,36	Gaussiana
Folha BS	12 ^{ns}	203 ^{ns}	51 ^{ns}	-	1,0 ^{ns}	-	0,73	Gaussiana
Colmo BC	1,4 [*]	130 ^{ns}	201 ^{ns}	-	-	71	0,22	Lorentziana
Colmo BS	7,8 [*]	208 ^{ns}	124 ^{ns}	-	1,0 ^{ns}	-	0,60	Gaussiana
Total BC	6,6 ^{ns}	213 ^{ns}	317 ^{ns}	-	-	104	0,49	Lorentziana
Total BS	20 ^{ns}	206 ^{ns}	87 ^{ns}	-	1,0 ^{ns}	-	0,24	Gaussiana
Partições		Magnésio						
Folha	-10 ^{ns}	52 ^{ns}	173 ^{**}	15 ^{ns}	-	121	0,90	Lorentziana
Colmo	11 [*]	92 ^{ns}	185 [*]	3,7 ^{ns}	-	93	0,53	Gaussiana
Total	-107 ^{ns}	0,1 ^{ns}	202 ^{ns}	-	-	201	0,87	Log Normal
Partições		Enxofre						
Folha	-3,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}	175 ^{**}	5,2 ^{ns}	-	174	0,83	Log Normal
Colmo	3,4 ^{ns}	103 ^{ns}	221 ^{ns}	-	1,0 ^{ns}	118	0,24	Gaussiana
Total	-3,1 [*]	0,1 ^{ns}	172 ^{**}	6,1 ^{**}	-	172	0,98	Log normal

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em kg ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

(5) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(6) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

** , * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente.

MSF – massa seca de folha, MSC – massa seca de colmo, MST – massa seca total, BC – braquiária em consórcio, BS – Braquiária solteira.

Kluthcouski e Aidar (2003), ao estudarem o consórcio de plantas forrageiras e diversas culturas anuais relataram baixa produção de forragem de braquiária cv. marandu, na época de colheita da cultura anual (safra verão), porém com rápido desenvolvimento da forrageira após o início da senescência do milho. Os autores observaram acréscimos de 4.800 a 8.000 kg ha⁻¹, dependendo do local, na produção de silagem de braquiária cv. Marandu, após a maturidade fisiológica do milho cultivado no verão. Os resultados de crescimento e absorção de nutrientes no presente trabalho evidenciam a capacidade que as gramíneas possuem em crescer em sucessão ao consórcio com o milho.

Na braquiária solteira e em consórcio a maior parte do N esteve concentrado nas folhas (Tabela 40, Figura 12). De acordo com Borghi et al. (2013), em virtude da grande exigência de N por ambas as espécies (milho e braquiária) quando consorciadas simultaneamente, pode haver competição pelo nutriente, o que foi verificado no presente trabalho, em que o consórcio da *Urochloa brizantha* com o milho resultou em menores teores de nutrientes foliares à cultura da braquiária.

O P esteve concentrado em maior parte nos colmos na braquiária em ambos os cultivos (Figura 12). Em pesquisas realizadas por Foloni et al. (2008), a braquiária mostrou-se altamente eficiente na absorção de P, mesmo quando oriundo de fonte pouco solúvel, o que se deve ao sistema radicular bastante ramificado e volumoso, que favorece o contato íon-raiz-solo e promove absorção de P por difusão e interceptação radicular.

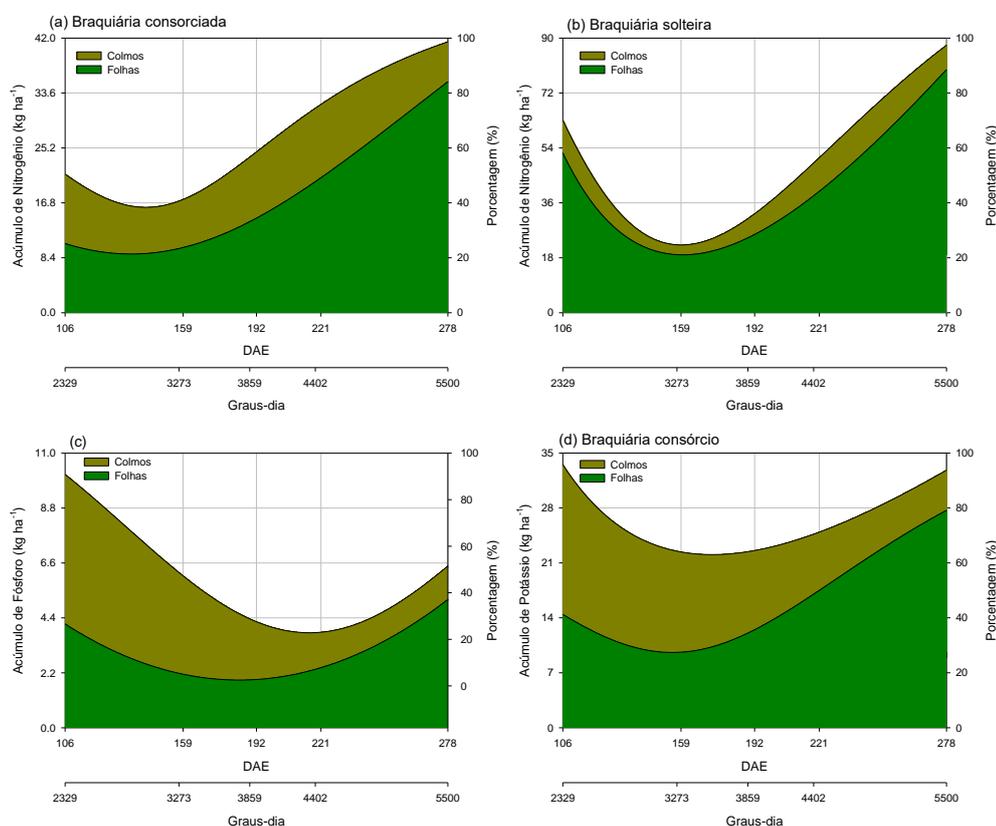
O potássio (íon K⁺) esteve concentrado em maior parte nas folhas na braquiária em consórcio, já na braquiária solteira o K esteve concentrado na mesma proporção em folhas e colmos (Figura 12). O potássio encontra-se em maior parte na forma iônica K⁺, uma vez que o nutriente não participa de componentes funcionais e estruturais da planta, e a decomposição dos restos vegetais o libera na sua totalidade (Braz et al., 2004).

Em resultados encontrados por Costa et al. (2014), o máximo acúmulo de N foi 106 kg ha⁻¹, P 21 kg ha⁻¹ e K 154 kg ha⁻¹, para a mesma espécie deste trabalho. Desse modo, a braquiária solteira apresentou valores próximos aos dos autores citados (N= 59 kg ha⁻¹, P= 10 kg ha⁻¹, K= 200 kg ha⁻¹). Porém, a braquiária em consórcio não respondeu da mesma forma, apresentado acúmulo desses nutrientes em

concentrações bem inferiores ($N= 69 \text{ kg ha}^{-1}$, $P= 10 \text{ kg ha}^{-1}$, $K= 10 \text{ kg ha}^{-1}$) (Tabela 41).

O acúmulo de Ca e S foi maior nas folhas em ambos os sistemas de cultivo da braquiária (Tabela 41, Figura 12), já o acúmulo de Mg foi maior nos colmos para os dois cultivos de braquiária. O Mg tem grande importância na alimentação dos bovinos, pois sua deficiência pode levar a um desequilíbrio nutricional, conhecido como tetania. Além disso, na planta, o Mg desempenha um papel fundamental na fotoquímica e reações metabólicas, pois é um componente da molécula de clorofila (CASTRO et al., 2001). Também atua na ativação de enzimas responsáveis para a produção de carboidratos, gorduras e açúcares (KHAN et al., 2015).

Braz et al. (2004) observaram as acumulações máximas de N, P e K em braquiária a partir de 121 DAE, dependendo do nutriente. Até esse período a planta ainda se encontrava em pleno desenvolvimento vegetativo o que explicaria a menor acumulação de nitrogênio na cultura quando comparado ao potássio. Nas condições desse trabalho os maiores acúmulos de N na braquiária em consórcio e solteira (Tabela 41) ocorreram a partir do 106 DAE, com valores de 20,31 e 64,34 kg ha^{-1} , respectivamente, nesse período de cultivo.



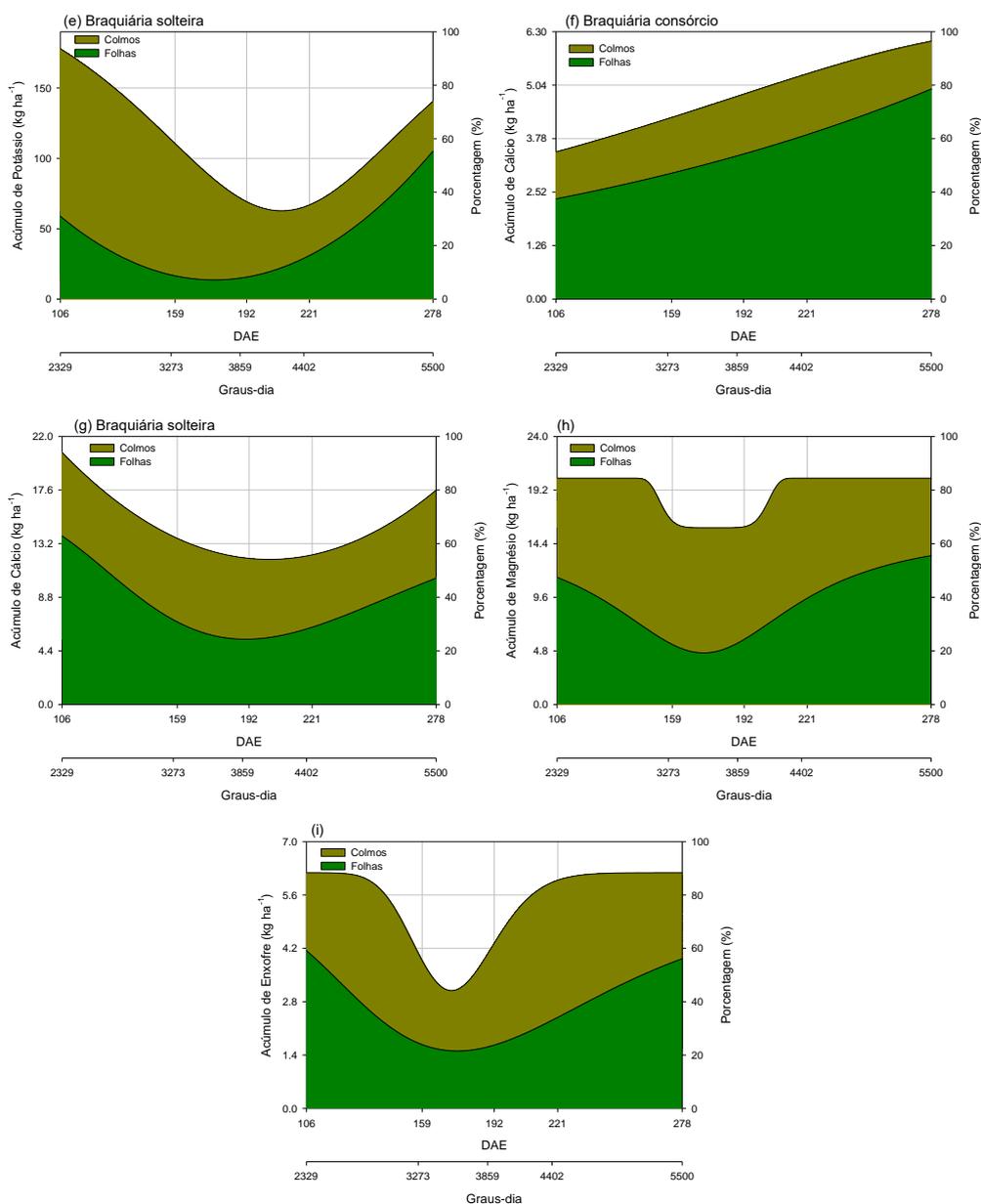


Figura 12. Acúmulo e particionamento de macronutrientes, em kg ha⁻¹, na braquiária em consórcio e solteira durante o seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022.

A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na braquiária em consórcio foi N>K>Mg>S>Ca>P; para a braquiária solteira observou-se K>N>Mg=Ca>P>S. Batista et al. (2011), em um trabalho realizado no Brasil, obtiveram o seguinte padrão decrescente de acúmulo de macronutrientes em braquiária em consórcio com o milho: K>N>Ca>Mg>S>P.

Dentre os três macronutrientes, o K e o N foram os nutrientes que as plantas mais acumularam, enquanto o P foi acumulado em menor quantidade. No trabalho de

Braz et al. (2004), esses autores também constataram que o Ca acumulou mais que o P, corroborando com os resultados obtidos nas condições desse experimento.

Costa et al. (2014) observaram que é possível reduzir o custo da formação de pastagens e ofertar alimento para bovinos no período de entressafra, em que a disponibilidade de forragem é reduzida, além de que a presença do capim em consórcio proporciona ocupação homogênea da área, o que reduz a incidência de luz no solo e durante o ciclo da cultura do milho ocorre uma menor incidência de plantas daninhas, não se tornando necessário a utilização de herbicidas.

O sistema de ILP é de extrema complexidade, em razão da magnitude das transformações do N no solo, decorrente dos processos de mineralização/imobilização (MARTHA JÚNIOR et al., 2007). De acordo com Costa et al. (2014), o uso da consorciação de culturas é um dos meios para se elevar a produtividade de sistemas de produção integrados.

Foram observados maiores acúmulos de K e N em ambos os cultivos (consórcio e solteiro), por esses serem os nutrientes mais absorvidos e acumulados no tecido vegetal das plantas na região do Cerrado (BOER et al., 2007). Garcia et al. (2008) verificaram benefícios do consórcio da cultura do milho com *Urochloa brizantha* cv. Marandu na reciclagem de K, elevando a forma trocável desse nutriente após a dessecação do capim. Isso explica os altos acúmulos de K obtidos neste estudo, indicando que cultivares de *U. brizantha* extraem grande quantidade de K do solo, sendo geralmente superior à quantidade de N (COSTA et al., 2010).

Em geral, na rebrota de gramíneas forrageiras pós-pastejo ou corte a necessidade de potássio é potencializada devido ao crescimento intenso (RODRIGUES et al., 2008), pelo fato da concentração foliar ter reduzido durante o pastejo animal, resultando em um aumento da densidade na rebrota, superior à observada na implantação dos cultivos consorciado e solteiro.

Os resultados da análise de variância (Tabela 42) evidenciaram que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e os dias após a emergência (DAE) para os acúmulos dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn e B avaliados em folhas na braquiária em consórcio e solteira.

Tabela 42. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em folhas de braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivos	Cu	Fe	Zn	Mn	B
----------	----	----	----	----	---

	g ha ⁻¹				
BC	5,17 b	279,52 b	19,12 b	25,19 b	15,77 b
BS	17,14 a	478,97 a	54,78 a	96,27 a	37,35 a
Teste F	**	**	*	**	*
DAE					
106	16,27	542,07	44,51	60,00	32,24
159	4,36	135,09	7,67	17,58	11,21
192	9,70	335,74	30,80	78,39	25,58
221	8,09	304,60	20,00	36,87	15,40
278	17,36	578,74	81,80	110,83	48,39
Teste F	**	**	**	**	**
C x DAE	**	ns	**	ns	**
CV1(%)	41,05	33,82	58,71	27,81	49,88
CV2(%)	31,35	28,83	43,22	73,10	37,61

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p <0,05), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os resultados da análise de variância (Tabela 43) evidenciaram que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e os dias após a emergência (DAE) para os micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn, B avaliados em colmos na braquiária em consórcio e solteira.

Tabela 43. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), em colmos de braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivos	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
BC	2,64 b	135,73 b	23,77 b	14,83 b	8,28 b
BS	15,65 a	417,46 a	103,90 a	106,75 a	40,24 a
Teste F	**	**	**	**	**
DAE					
106	8,69	399,62	91,75	79,64	30,62
159	9,17	227,50	67,21	53,53	21,35
192	9,80	225,83	68,99	59,58	26,95
221	10,94	297,16	59,07	64,96	17,75
278	7,14	232,90	32,18	46,26	24,65
Teste F	ns	**	*	ns	ns
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	45,11	21,43	37,72	45,65	68,95
CV2(%)	62,79	44,96	47,92	52,85	48,04

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂

– coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os resultados da análise de variância (Tabela 44) evidenciaram que houve interação significativa entre os sistemas de cultivo (consórcio e solteiro) e os dias após a emergência (DAE) para os micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn, B avaliados e na planta inteira na braquiária em consórcio e solteira.

Tabela 44. Resumo da análise de variância para os micronutrientes Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), na planta inteira (folha + colmo) de braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cultivos	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	g ha ⁻¹				
BC	7,82 b	415,25 b	42,90 b	40,02 b	24,06 b
BS	32,79 a	896,44 a	158,69 a	203,03 a	77,59 a
Teste F	**	**	**	**	**
DAE					
106	24,96	941,69	136,27	139,63	62,86
159	13,53	362,59	74,88	71,11	32,55
192	19,50	561,57	99,80	137,96	52,53
221	19,03	601,77	79,07	101,83	33,15
278	24,50	811,64	113,97	157,10	73,04
Teste F	ns	**	*	ns	**
C x DAE	ns	ns	ns	ns	ns
CV1(%)	40,31	27,02	35,22	19,77	52,25
CV2(%)	40,94	32,12	40,78	57,50	38,75

BC – braquiária consorciada, BS – braquiária solteira, C x DAE – interação entre sistema de cultivos e dias após a emergência, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. **, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Na braquiária em consórcio o maior acúmulo em Cu, Mn e B ocorreu aos 278 DAE, sendo de 9,65 g ha⁻¹, 56,96 g ha⁻¹ e 34,66 g ha⁻¹, respectivamente o maior acúmulo em Fe (784,66 g ha⁻¹) e Zn (56,04 g ha⁻¹) foi observado aos 106 dias após a emergência. Na braquiária solteira Cu e Zn tiveram o maior acúmulo aos 106 DAE, com valores de 42,24 g ha⁻¹ e 216,49 g ha⁻¹, respectivamente, para Fe, Mn e B o maior acúmulo ocorreu aos 278 DAE, com valores de 1.117,98 g ha⁻¹, 257,27 g ha⁻¹ e 111,42 g ha⁻¹ (Tabela 45).

Tabela 45. Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de micronutrientes na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

DAE	Folha	Colmo	Total
-----	-------	-------	-------

	BC	BS	BC	BS	BC	BS
Cobre (g ha ⁻¹)						
106	4,99 b	27,54 a	2,68 b	14,69 a	7,70 b	42,24 a
159	2,54 a	6,18 a	2,43 b	15,92 a	4,96 b	22,10 a
192	6,38 b	13,02 a	2,36 b	17,25 a	8,73 b	30,27 a
221	4,04 b	12,14 a	4,02 b	17,87 a	8,05 b	30,00 a
278	7,91 b	26,80 a	1,74 b	12,54 a	9,65 b	39,37 a
CV1%	41,05		45,11		40,31	
CV2%	31,35		62,79		40,94	
Ferro (g ha ⁻¹)						
106	455,26 b	628,88 a	329,60 b	469,64 a	784,86 b	1.098,52 a
159	125,55 a	144,62 a	92,87 b	362,13 a	218,41 b	506,76 a
192	243,14 b	428,34 a	55,52 b	396,14 a	298,65 b	824,47 a
221	133,93 b	475,28 a	135,14 b	459,19 a	269,06 b	934,47 a
278	439,74 b	717,73 a	65,50 b	400,24 a	505,29 b	1.117,98 a
CV1%	33,82		21,43		27,02	
CV2%	23,83		44,96		37,12	
Zinco (g ha ⁻¹)						
106	13,27 b	75,75 a	42,77 b	140,74 a	56,04 b	216,49 a
159	5,29 a	10,04 a	32,71 b	101,71 a	38,01 b	111,75 a
192	24,51 a	37,09 a	15,92 b	122,06 a	40,44 b	159,15 a
221	9,47 b	30,53 a	18,14 b	99,99 a	27,61 b	130,53 a
278	43,07 b	120,52 a	9,33 b	55,01 a	52,41 b	175,54 a
CV1%	58,71		37,72		35,22	
CV2%	43,22		47,92		40,78	
Manganês (g ha ⁻¹)						
106	22,71 b	97,29 a	21,46 b	137,81 a	44,17 b	235,09 a
159	8,22 a	26,93 a	17,25 b	89,80 a	25,48 b	116,74 a
192	35,81 b	120,97 a	10,47 b	108,68 a	46,28 b	229,65 a
221	11,04 b	62,71 a	16,24 b	113,68 a	27,28 b	176,38 a
278	48,18 b	173,49 a	8,75 b	83,78 a	56,92 b	257,27 a
CV1%	27,81		45,65		19,77	
CV2%	73,10		52,85		57,50	
Boro (g ha ⁻¹)						
106	14,80 b	49,69 a	14,68 b	46,56 a	29,48 b	96,24 a
159	11,61 a	10,80 a	8,68 b	34,01 a	20,30 b	44,81 a
192	16,40 b	34,76 a	5,89 b	48,01 a	22,29 b	82,78 a
221	7,11 b	23,68 a	6,47 b	29,04 a	13,58 b	52,72 a
278	28,96 b	67,83 a	5,70 b	43,59 a	34,66 b	111,42 a
CV1%	49,88		68,95		52,25	
CV2%	37,61		48,04		38,75	

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira, DAE – dias após a emergência, CV₁ – coeficiente de variação da parcela, CV₂ – coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

Os parâmetros do modelo para o acúmulo de micronutrientes nas partições da planta de braquiária em consórcio e solteira ajustaram-se às variáveis do modelo empregados, e estão descritos na tabela abaixo, com coeficientes de determinação acima de 0,25 (Tabela 46).

Tabela 46. Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para o acúmulo de macronutrientes nos particionamentos folha, colmo e na planta toda, coeficiente de determinação (R²) na braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Cobre							
Parâmetros do modelo ⁽¹⁾							
	a ⁽²⁾	b ⁽³⁾	x ₀ ⁽⁴⁾	c ⁽⁵⁾	PI	R ²	Modelo
Partições	g ha ⁻¹			DAE			
Folha	13 ^{ns}	249 ^{ns}	307 ^{ns}	-	58	0,83	Lorentziana
Colmo	10*	162 ^{ns}	185**	-	23	0,66	Lorentziana
Total	-12 ^{ns}	23 ^{ns}	167 ^{ns}	-	144	0,80	Lorentziana
Partições	Ferro						
Folha	-591 ^{ns}	71 ^{ns}	169**	772 ^{ns}	98	0,75	Lorentziana
Colmo	373 ^{ns}	158 ^{ns}	98 ^{ns}	-	-	0,53	Gaussiana
Total	-563 ^{ns}	34 ^{ns}	169*	899 ^{ns}	135	0,75	Lorentziana
Partições	Zinco						
Folha	81 ^{ns}	54 ^{ns}	92 ^{ns}	-	38	0,43	Gaussiana
Colmo	105*	69 ^{ns}	124*	-	55	0,91	Gaussiana
Total	-2744 ^{ns}	667 ^{ns}	205**	2826 ^{ns}	-	0,73	Lorentziana
Partições	Manganês						
Folha	100 ^{ns}	112 ^{ns}	297 ^{ns}	1,0 ^{ns}	185	0,25	Gaussiana
Colmo	90*	98 ^{ns}	124 ^{ns}	1,0 ^{ns}	26	0,62	Gaussiana
Total	-94 ^{ns}	0,1 ^{ns}	166 ^{ns}	144 ^{ns}	-	0,58	Lorentziana
Partições	Boro						
Folha	40 ^{ns}	3,0 ^{ns}	6,8 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3,8	0,81	Gaussiana
Colmo	30 ^{ns}	6,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,0 ^{ns}	-	0,45	Gaussiana
Total	-32 ^{ns}	0,5 ^{ns}	2,9 ^{ns}	67 ^{ns}	2,4	0,48	Log Normal

(1) Valores representam a média das avaliações biométricas da cultivar.

(2) Valor máximo observado em g ha⁻¹.

(3) Amplitude no valor de x em DAE entre o ponto de inflexão e o ponto máximo.

(4) Dias após a emergência (DAE) que forneceu os maiores valores.

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t (p<0,05), respectivamente.

MSF – massa seca de folha, MSC – massa seca de colmo, MST – massa seca total, BC – braquiária em consórcio, BS – Braquiária solteira.

O padrão de acúmulo de micronutrientes nos cultivos consórcio e solteiro foram iguais, seguindo a ordem decrescente Fe>Mn>Zn>B>Cu. Braz et al. (2004) em um trabalho com braquiária obtiveram o seguinte padrão decrescente de micronutrientes:

Fe>Mn>Zn>Cu. Vale ressaltar que essa mesma sequência foi encontrada por Oliveira et al. (2002). O maior acúmulo de Cu, Fe, Mn e B foi observado nas folhas (Figura 13). O maior acúmulo de Zn foi observado nos colmos (Figura 13).

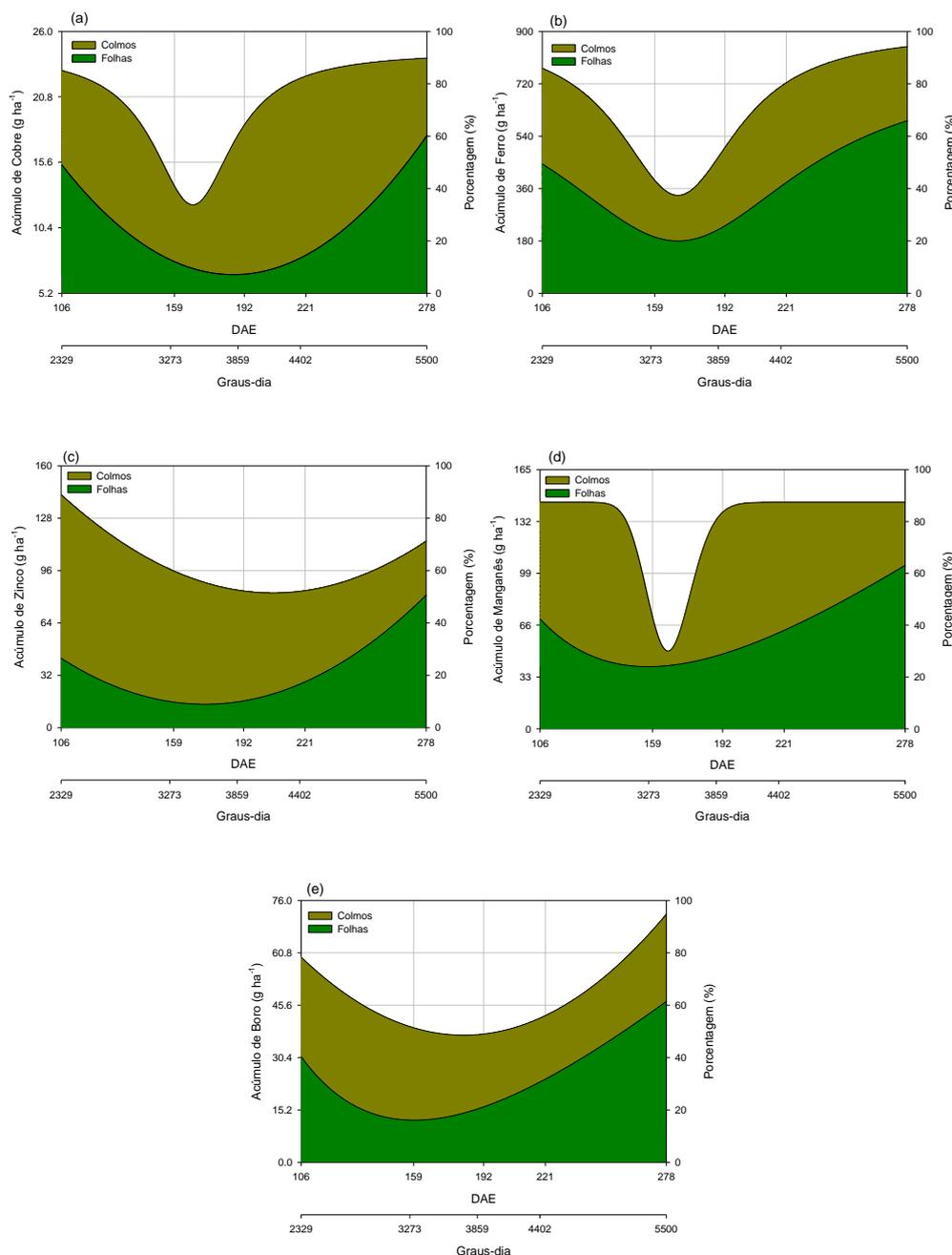


Figura 13. Acúmulo e particionamento de micronutrientes, em $kg\ ha^{-1}$, na braquiária em consórcio e solteira durante o seu ciclo de cultivo. Brejo, Maranhão, 2022

Silva et al. (2009), em um trabalho com *Urochloa* realizado em Minas Gerais, obteve o acúmulo de micronutrientes de Fe de 354,6 $g\ ha^{-1}$, Mn 120,9 $g\ ha^{-1}$, Zn 24,1 $g\ ha^{-1}$, B 11,7 $g\ ha^{-1}$, Cu 8,5 $g\ ha^{-1}$. Esses autores apresentaram a seguinte ordem de acúmulo nos micronutrientes: Fe>Mn>Zn>B>Cu, se assemelhando aos resultados

obtidos em estudos realizados por Braz et al. (2004) e Oliveira et al. (2011) para *Urochloa*. Estes resultados também refletem o padrão de acúmulo de nutrientes encontrado nas condições deste trabalho.

As peculiaridades nos sistemas produtivos no Brasil, onde predominam condições climáticas adversas e solos com fertilidade a ser trabalhada, afetam a qualidade nutritiva das forrageiras, proporcionando, em muitos casos, limitações no consumo de nutrientes e até no atendimento das exigências nutricionais dos animais. Diante dessas condições, a reciclagem dos nutrientes que permanecem no campo, seja na forma de cobertura do solo, restos de cultura (milho) ou nas fezes dos bovinos que pastejaram a braquiária precisam ser estudadas, embora a perenidade ou sustentabilidade das pastagens possam ser consideradas estritamente dependentes da reciclagem interna dos nutrientes no sistema, uma vez que a reposição de nutrientes pela fertilização dessas pastagens não tem sido usual (BRAZ et al., 2002).

Nas plantas de braquiária verificou-se um acúmulo para o Cu de 13 g ha⁻¹ nas folhas, 10 g ha⁻¹ nos colmos e 12 g ha⁻¹ na planta inteira. Silva et al. (2009) observaram redução nos teores de cobre de menos 6% entre o período chuvoso e a estação seca. Nesse experimento, observou-se redução no acúmulo desse nutriente em decorrência do pastejo e do período seco. Essa redução ocorre, de acordo com Dechen et al. (1991), do fato da maior parte desse nutriente ser absorvido por fluxo de massa, processo dependente de água que está pouco disponível na época seca. Essa baixa absorção do Cu na braquiária pode estar relacionada ao fato desse elemento formar complexos estáveis com a matéria orgânica, ser melhor absorvido em solos com pH abaixo de 5,0 e ter inter-relação com ferro e zinco (SILVA et al., 2009).

Para o Fe o acúmulo em ambos os cultivos foi de 591 g ha⁻¹ nas folhas, 373 g ha⁻¹ nos colmos e 563 g ha⁻¹ na planta inteira. Silva et al. (2009) observaram que o teor de ferro nas plantas é maior no período chuvoso que no período seco, o que pode estar relacionado à mobilidade desse nutriente no solo. De acordo com Kliemann et al. (2003) existe uma relação linear entre a produção de massa seca e as quantidades exportadas de Fe.

Em ambos os cultivos de braquiária para o micronutriente Mn foram acumulados 100 g ha⁻¹ nas folhas, 90 g ha⁻¹ nos colmos e 94 g ha⁻¹ na planta inteira. Kliemann et al. (2003) verificou que são necessários 139 g de Mn a produção de uma tonelada de massa seca.

Para o Zn foram acumulados 81 g ha⁻¹ nas folhas, 105 g ha⁻¹ nos colmos e 2.744 g ha⁻¹ na planta inteira, em ambos os sistemas de cultivo de braquiária. Nas plantas, o zinco atua em processos enzimáticos, metabolismo de carboidratos, proteínas, fosfatos; e formação de auxinas, RNA e ribossomos (DECHEN et al., 1991), influenciando diretamente no seu crescimento. Sua disponibilidade está relacionada com o estado físico-químico do solo, práticas de calagem e fosfato fertilização.

Para o boro verificou-se um acúmulo de 40 g ha⁻¹ nas folhas, 30 g ha⁻¹ nos colmos e 32 g ha⁻¹ na planta inteira, em ambos os cultivos de braquiária (consorciada e solteira). A capacidade da planta em obter quantidades suficientes de nutrientes para um bom crescimento e desenvolvimento pode depender não apenas do teor e da forma disponível do nutriente no meio de crescimento, mas também de outros fatores ambientais que alteram sua absorção.

Na tabela 47 observa-se que o acúmulo de matéria seca e de nutrientes foi maior para a braquiária solteira, o que evidencia que o crescimento da braquiária em consórcio foi prejudicado pela competição com o milho. Vale ressaltar que o manejo inicial pode ter prejudicado a dinâmica de nutrientes do capim-marandu, além do espaçamento utilizado na cultura anual (milho), porém após a entrada dos animais na área os dois cultivos de braquiária se igualaram.

Tabela 47. Acúmulo de nutrientes associado à produção de matéria seca na cultura da braquiária em consórcio e solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

	Total acumulado		Acumulado na folha		F/T ⁽²⁾		Coeficiente de remoção ⁽³⁾		DAE máximo acúmulo	
	BC	BS	BC	BS	BC	BS	BC	BS	BC	BS
Parâmetros	-----kg ha ⁻¹ -----						-----kg t ⁻¹ -----			
Matéria seca ⁽¹⁾	2.403	7.269	2.041	4.135	0,8	0,6	-	-	-	-
N	41	118	35	80	0,9	0,7	14	11	278	278
P	3,0	10	2,6	8,0	0,9	0,8	1,1	1,1	106	106
K	33	140	28	106	0,8	0,8	11	14	106	159
Ca	6,1	17	5,2	10	0,9	0,6	2,2	1,4	192	106
Mg	13	27	11	15	0,8	0,6	4,6	2,1	278	159
S	2,6	9,3	2,0	6,4	0,8	0,7	0,8	0,9	106	159
	-----g ha ⁻¹ -----						-----g t ⁻¹ -----			
Cu	9,6	39	7,9	26	0,8	0,7	3,3	3,6	278	159
Fe	505	1.117	439	717	0,9	0,6	183	99	106	278
Zn	52	176	43	120	0,8	0,7	18	16	106	159
Mn	56	257	48	173	0,9	0,7	20	24	278	278

B	34	111	28	67	0,8	0,6	11	9,3	278	278
---	----	-----	----	----	-----	-----	----	-----	-----	-----

BC – braquiária em consórcio, BS – braquiária solteira, DAE – dias após a emergência.

(1) Matéria seca.

(2) Adaptação acumulado folha/acúmulo total

(3) Adaptação de grãos para folhas (máximo absorvido folha/matéria seca total)

A braquiária em consórcio apresentou um acúmulo em matéria seca de 2.403 kg ha⁻¹ e a braquiária solteira de 7.269 kg há⁻¹. O padrão de acúmulo de todos os macronutrientes e micronutrientes também foi maior na braquiária solteira que no consórcio, o que evidencia que o consórcio pode suprimir o crescimento e o acúmulo de nutrientes nas culturas.

Os dias após a emergência que evidenciaram maiores acúmulos de macronutrientes na braquiária em consorcio foram aos 106, 192 e 278 DAE; já para a braquiária solteira foram aos 106, 159 e 278 DAE. Para os micronutrientes, os maiores acúmulos na braquiária em consorcio foram aos 106 e 278 DAE, já na braquiária solteira, ocorreram aos 159 e 278 DAE.

De acordo com Kliemann et al. (2003), em ensaio conduzido em Piracanjuba, Goiás, para a produção de uma tonelada de massa seca de *U. brizantha* são necessários para o N 10 kg ha⁻¹, P 4,6 kg ha⁻¹, K 45,4 kg ha⁻¹, Ca 3,30 kg ha⁻¹, Mg 4,25 kg ha⁻¹, Fe 820 g ha⁻¹, Zn 36 g ha⁻¹, Mn 170 g ha⁻¹, Cu 4 g ha⁻¹.

A tabela 48 apresenta a sugestão de adubação para o sistema ILP com as quantidades mínimas a serem aplicadas para a reposição dos nutrientes exportados pelos grãos de milho e pela alimentação animal (pastejo), e quanto desses nutrientes são necessários para manter o sistema de modo que não ocorra o comprometimento na produtividade dos grãos de milho e na disponibilidade de pastagem para consumo animal e cobertura do solo até a safra seguinte.

Após a saída dos animais da área (159 DAE) os nutrientes N, P, K, Ca, S, Cu, Fe, Zn, Mn, B estavam com saldo positivo quando comparados à colheita do milho (106 DAE). Observou-se que para o Mg o saldo estava negativo de -1,0 kg ha⁻¹, o que indica que é necessário atenção à dinâmica desse nutriente no consórcio milho+braquiária para que não ocorra baixa disponibilidade de Mg para as plantas.

Tabela 48. Sugestão de adubação de reposição em integração lavoura-pecuária. Brejo, Maranhão, 2022.

Milho consórcio	N	P	K	Ca	Mg	S	Rendimento
kg ha ⁻¹							
Extração	121	26	100	27	32	22	19.035

Exportação (grãos)	45	13	15	1,9	3,9	4,2	4.349
IC	0,37	0,51	0,15	0,07	0,11	0,23	0,23
	Cu	Fe	Zn	Mn	B		
	g ha⁻¹						
Extração	159	1.742	761	560	172		
Exportação (grãos)	33	70	99	26	15		
IC	0,21	0,04	0,13	0,05	0,09		
Braquiária (3 UA ha⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	Rendimento
	kg ha⁻¹						
Extração pré-pastejo	21,3	4,7	34,3	4,3	5,4	3,8	1.527
Extração pós-pastejo	16,2	3,7	22,3	3,4	6,4	2,2	1.194
Exportação (saldo)	5,1	1,0	12,0	0,9	-1,0	1,6	333
	Cu	Fe	Zn	Mn	B		
	g ha⁻¹						
Extração pré-pastejo	7,7	784,9	56,0	44,2	29,5		
Extração pós-pastejo	4,5	218,4	38,0	25,5	20,3		
Exportação (saldo)	3,2	566,5	18,0	18,7	9,2		
ILP	N	P	K	Ca	Mg	S	
	kg ha⁻¹						
ILP - reposição	50,1	14	27	2,8	4,9	5,8	
	%						
Diferença da reposição milho	90	93	56	68	80	72	
	Cu	Fe	Zn	Mn	B		
	g ha⁻¹						
ILP - reposição	36,2	636,5	117	44,7	24,2		
	%						
Diferença da reposição milho	91	11	85	58	62		

N – nitrogênio, P – fósforo, K – potássio, Ca – cálcio, Mg – magnésio, S – enxofre, Cu – cobre, Fe – ferro, Zn – zinco, Mn – manganês, B – boro, IC – índice de colheita, UA – unidade animal equivalente a 450 kg peso vivo⁻¹, ILP – integração lavoura-pecuária.

A tabela 49 apresenta a sugestão de adubação para o milho e a braquiária em cultivo solteiro, onde são apresentados a quantidade de nutrientes exportadas pelos grãos de milho em monocultivo e o saldo de nutrientes deixado no solo pela braquiária (cultivo solteiro), que podem ser destinados à alimentação animal.

Para a braquiária em cultivo solteiro, para todos os nutrientes analisados (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B) foi observado que o saldo de nutrientes exportado antes e após o pastejo dos animais e o que permaneceu nas plantas apresentou valores positivos após aos 159 DAE, o que evidencia que a quantidade de nutrientes que essas plantas acumularam durante seu ciclo de cultivo permitiu o desenvolvimento da forrageira e viabilizou a alimentação dos animais com forragem de qualidade, além da utilização dessas plantas como cobertura para o solo no período seco.

Tabela 49. Sugestão de adubação de reposição em milho solteiro e braquiária solteira. Brejo, Maranhão, 2022.

Milho solteiro	N	P	K	Ca	Mg	S	Rendimento
			kg ha⁻¹				
Extração	129	32	111	28	37	23	21.908
Exportação (grãos)	49	15	17	1,9	4,0	5,4	5.103
IC	0,38	0,48	0,15	0,07	0,11	0,23	0,23
	Cu	Fe	Zn	Mn	B		
			g ha⁻¹				
Extração	168	2.151	544	609	181		
Exportação (grãos)	34	76	108	32	23		
IC	0,21	0,04	0,20	0,05	0,13		
Braquiária solteira (3 UA ha⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	Rendimento
			kg ha⁻¹				
Extração pré-pastejo	64	16	183	23	35	8,6	9.339
Extração pós-pastejo	16	8,0	111	10	26	5,6	5.319

Exportação (saldo)	48	8,0	72	13	9,0	3,0	4.023
	Cu	Fe	Zn	Mn	B		
			g ha⁻¹				
Extração pré-pastejo	42	1.098	216	235	96		
Extração pós-pastejo	22	506	112	117	45		
Exportação (saldo)	20	592	104	118	51		

N – nitrogênio, P – fósforo, K – potássio, Ca – cálcio, Mg – magnésio, S – enxofre, Cu – cobre, Fe – ferro, Zn – zinco, Mn – manganês, B – boro, IC – índice de colheita, UA – unidade animal equivalente a 450 kg peso vivo⁻¹.

4 CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivo em consórcio e solteiro não afetaram o acúmulo de macro e micronutrientes nas plantas de milho. O potássio foi o macronutriente com maior acúmulo e o enxofre o de menor acúmulo nas plantas de milho. O ferro foi o micronutriente de maior acúmulo e o cobre com menor acúmulo no milho.

O cultivo consorciado com milho reduz a absorção e acúmulo de macro e micronutrientes na braquiária, quando comparada ao monocultivo de braquiária, no período de 0 a 106 dias após a emergência. O potássio e o enxofre foram os macronutrientes de maior e menor acúmulo na braquiária. O ferro e cobre foram os micronutrientes de maior e menor acúmulo na braquiária.

No período pós-colheita do milho, o acúmulo de N, P, K, Ca foi superior na braquiária solteira, porém para Mg e S o acúmulo foi igual. O acúmulo de Cu, Fe, Zn, Mn e B, foi igual entre os cultivos de braquiária. O pastejo animal na braquiária igualou os cultivos consorciada e solteira.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. E. M. D., GOMES, C. M., LAGO, B. C., OLIVEIRA, S. M. D., PIEROZAN, C., FAVARIN, J. L. Corn yield, forage production and quality affected by methods of intercropping corn and *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, 170-176, 2017.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 48 p.(Boletim Técnico, 78), 1983.
- BATISTA, K., DUARTE, A. P., CECCON, G., MARIA, I. C. D., & CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1154-1160, 2011.
- BATISTA K., MONTEIRO F.A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, p. 151-161, 2010.
- BENDER, R. R., HAEGELE, J. W., RUFFO, M. L., & BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected corn hybrids. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, 161-170, 2013.
- BENICASA, M. M. P. **Análise de crescimento em plantas: noções básicas**. Jaboticabal. FUNEP, 2003, 42p.
- BOARETTO, A.E.; VAN RAIJ, B.; SILVA, F.C.; CHITOLINA, J.C.; TEDESCO, M.J.; CARMO, C.A.F.S. do. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p.59-85.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.
- BORGES, I. D.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, J. L. A. R. Micronutrients accumulation at diferente corn development stages. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p.1018-1025, 2009.
- BORGUI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P.; NASCENTE, A.S.; MARTINS, P.O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v.53, p.629-636, 2013.
- BORIN, A. L. D. C., LANA, R. M. Q., PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1591-1597, 2010.

BRAZ, S. P., NASCIMENTO JUNIOR, D. D., CANTARUTTI, R. B., REGAZZI, A. J., MARTINS, C. E., FONSECA, D. M. D., BARBOSA, R. A. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de Braquiária decumbens na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31, 858-865, 2002.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 83-87, 2004.

CÂNDIDO, A. C. T. F., CARVALHO, M. A. C. D., FELITO, R. A., YAMASHITA, O. M. Doses de nitrogênio na forrageira consorciada com milho sob efeito residual da co-inoculação na cultura da soja. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, 2020.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P. F. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1959-1968, 2001.

CECCON, G.; MATOSO, A.O.; NETO NETO, A.L.; PALOMBO, L. Uso de herbicidas no consórcio de milho safrinha com Brachiaria ruziziensis. **Planta Daninha**, v.28, p.359-364, 2010.

CECCON, G.; STAUT, L.A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L.A.Z.; NUNES, D.P.; ALVES, V.B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.204-212, 2013.

COSTA, S. E. V. G. A.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; SILVA, T. O.; SILVA, T. R. Crescimento e nutrição da brachiária em função de fontes de fósforo. **Revista Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, 2008.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; SEVERIANO, E.C.; SAMPAIO, F.M.T.; CARRIJO, M.S. & RODRIGUES, C.R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de Brachiaria brizantha sob doses de nitrogênio. **Ci. An. Bras.**, v. 11, p. 307-314, 2010.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M; GAMEIRO, R. de A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038- 1047, 2012.

COSTA, N. R., ANDREOTTI, M., BUZETTI, S., LOPES, K. S. M., SANTOS, F. G. D., PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1223-1233, 2014.

DANTAS, J. S., MARQUES, J. J., MARTIS, F. M. V., RESENDE, J. M. A., CAMARGO, L. A., BARBOSA, R. S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1039–1050, 2014.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1991. p. 65-78.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 1-19, 2003.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS: Sisvar. **Brazilian Journal of Biometrics**, 37(4), 529-535, 2019.

FERREIRA, A. C. M. **Absorção, particionamento de nutrientes e crescimento do milho por estágio fenológico**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Piauí, 54 p., 2021.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; JARDIM, C. A. Influência da consorciação com *Brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 184-192, 2012.

FOLONI, J. S. S., & ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, 32, 1549-1561, 2008.

GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C. & ROSOLEM, C.A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **Eur. J. Agron.**, v. 28, p. 579-585, 2008.

GIACOMINI, A. A., SILVA, S. C. D., SARMENTO, D. O. D. L., ZEFERINO, C. V., SOUZA JÚNIOR, S. J., TRINDADE, J. K. D., NASCIMENTO JÚNIOR, D. D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, 66, 733-741, 2009.

GUTIÉRREZ, A. M., DE RESENDE, Á. V., SILVA, K., MARTINS, D. C., SIMÃO, E. D. P., MOREIRA, S. G., FERREIRA, J. D. C. **Uptake and exportation of micronutrients by transgenic cultivars of corn under no-tillage in the Brazilian Cerrado**. 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: Clima e Tempo — Português (Brasil) (www.gov.br). Acesso em 06/01/2023.

JONES, M. B., R. G. WOODMANSEE. Biogeochemical cycling in annual grassland ecosystems. **Bot. Review**, v.45 (2), p. 111-144, 1979.

KHAN, Z. I.; ASHRAF, M.; VALEEM, E. E. Forage mineral status evaluation: the influence of pastures. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 38, n. 4, p. 1043- 1054, 2006.

KLIEMANN, H. J., MAGALHÃES, R. T. D., OLIVEIRA, I. P. D., MORAES, M. F. D. Relações da produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* com os índices de disponibilidade de nutrientes em solos sob o sistema barreira de manejo, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.) Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2003. p.405-441.

KÖPPEN, W., GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: **Verlag Justus Perthes**. 1928.

LORENZ, A.J., T.J. GUSTAFSON, J.G. COORS, N. DE LEON. Breeding corn for a bioeconomy: A literature survey examining harvest index and stover yield and their relationship to grain yield. **Crop Science**. v. 50, p. 1–12, 2010.

MAKINO, P. A., CECCON, G., & FACHINELLI, R. Produtividade e teor de nutrientes em populações de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 206-220, 2019.

MARTHA JÚNIOR, G.B., VILELA, L., SOUSA, D.M.G., eds. Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, **Embrapa Cerrados**, p. 69-92, 2007.

OLIVEIRA, T. K. DE, CARVALHO, G. J., MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., v. 37 (8), p. 1079-1087, 2002.

OLIVEIRA RL, RIBEIRO OL, BAGALDO AR, LIMA LS, BORJA MS, CORREIA BR, COSTA JB, LEÃO AG. Torta de dendê oriunda da produção do biodiesel na ensilagem de capim-massal. **Rev Bras Saúde Prod Anim**. 12 (4): 881-892, 2011.

OLIVEIRA, T. F. ANDRADE, G. A. V.; OLIVEIRA, V. J. B.; SOARES, M. E. P.; AQUINO, L. A. Uptake and exportation of micronutrients in high productivity corn fields. **Revista agro@mbiente on-line**, v. 13, p. 55-67, 2019.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp, 2ª edição, 2020.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

PITTELKOW, F. K., SCARAMUZZA, J. F., WEBER, O. D. S., MARASCHIN, L., VALADÃO, F. D. A., OLIVEIRA, E. D. S. Production of biomass and nutrient accumulation in plants of coverage under different systems of soil preparation. **Revista Agrarian**, v. 5(17), 212-222, 2012.

RESENDE, J. M. D. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. D. B. Spatial variability of the properties of cohesive soils from eastern Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1077-1090, 2014.

RITCHIE, S. V.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Potafós: Informações Agronômicas**, n.103, Arquivo do agrônomo, n.15, 2003.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.394-400, 2008.

SANTANA, J. E. DA SILVA, DOS SANTOS LELES, P. S., DE RESENDE, A. S., MACHADO, A. F. L., DA SILVA, A. C. R., LOPES, L. N. Interferência de *Urochloa brizantha* no crescimento e acúmulo de macronutrientes de plantas de *Peltophorum dubium*. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, 30-79, 2020.

SANTIANI, L., ROSSATO, O. B., CONTINI, R. P., VORTMANN, I., & EISENHARDT, J. Consórcio de milho com forrageiras: atributos físicos do solo e produtividade de massa seca. In **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215 v. 16, n. 6, 0. 36-46, 2020.

SANTOS, A. R. **Diagnose nutricional e respostas do capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997. 115 f. Tese de Doutorado.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; SIEBENEICHLER, S. C.; CARDOSO, D. P.; BENICIO, L. P. F.; VARANDA, M. A. F. Physiological indices of seedings of corn (*Zea mays*L) under the action of biostimulantes. **Journal of biotechnology and bioversity**, v. 4, n. 3, o. 232-239, 2013.

SÁ, J. C. M.; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1207-1216, 2010.

SCHUCK, M. L., OLIVEIRA, J. R., PASINATO, R. F., & DO AMARAL ANTONIAK, J. Partição de massa no consórcio de milho, *Brachiaria ruziziensis* e feijão guandu. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 2, p. 17-20, 2022.

SILVA, F. L., L. S. COLLIER, P. C. LAURINDO, M.M. MENDES, E. C. FISCHER. 2003. **Potencial de restituição de nutrientes através de plantas de cobertura em plantio direto no Tocantins**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, v.29, 2003.

SILVA, A. C., FREITAS, R. S., FERREIRA, L. R., FONTES, P. C. R. Acúmulo de macro e micronutrientes por soja e *Brachiaria brizantha* emergida em diferentes épocas. **Planta Daninha**, 27, 49-56, 2009.

SILVA, C. G. M.; RESENDE, A. V.; GUTIÉRREZ, A. M.; MOREIRA, S. G.; BORGHI, E.; ALMEIDA, G. O. Macronutrient uptake and export in transgenic corn under two levels of fertilization. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 53, n. 12, p. 1363-1372, 2018.

SILVA, G. S. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO NETO, R. B. Soil water dynamics and yield in corn and *Brachiaria ruziziensis* intercropping. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 50, e. 59809, 2020.

SPAIN, J. M., J. G. SALINAS. **A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais.** In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Ilhéus, BA. 341 p. Anais p. 159-299, 1985.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 575p.

ANEXOS

ANEXO: A – Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de macronutrientes no milho em cultivo consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Nitrogênio (kg há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	2,27 a	2,11 a	1,22 a	0,78 a	*	*	*	*
24	30,00 a	24,67 a	11,53 a	8,80 a	*	*	*	*
38	38,28 a	33,96 a	18,29 a	20,54 a	2,20 a	2,00 a	*	*
50	30,88 a	26,89 a	22,94 a	18,22 a	12,09 a	10,49 a	*	*
63	39,63 a	26,96 b	19,69 a	26,43 a	56,18 a	62,21 a	12,59 a	16,48 a
77	18,87 a	20,99 a	27,83 b	44,50 a	60,91 a	46,27 b	48,56 a	44,40 a
91	12,68 b	23,27 a	22,02 a	20,45 a	43,55 a	49,77 a	54,69 a	54,96 a
105	19,76 a	19,97 a	20,10 a	20,82 a	36,03 a	38,99 a	45,41 a	49,51 a
CV1%	21,49		13,83		9,70		34,03	
CV2%	29,33		30,85		30,17		34,96	
Fósforo (kg há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	0,26 a	0,23 a	0,21 a	0,13 a	*	*	*	*
24	3,30 a	3,10 a	2,73 a	2,05 a	*	*	*	*
38	4,05 a	3,75 a	5,75 a	5,55 a	0,43 a	0,42 a	*	*
50	3,66 a	3,01 a	10,91 a	8,44 a	2,63 a	2,59 a	*	*
63	4,49 a	3,37 a	15,44 a	13,61 a	13,33 b	18,93 a	1,91 a	2,66 a
77	2,70 a	2,23 a	10,71 a	12,47 a	16,74 a	10,85 b	14,42 a	11,27 b
91	2,56 b	4,23 a	17,61 a	17,07 a	7,26 a	8,20 a	17,55 a	19,27 a
105	2,44 b	4,17 a	5,30 a	7,54 a	5,01 a	4,98 a	13,05 a	15,35 a
CV1%	46,52		72,61		16,73		24,32	
CV2%	34,99		40,20		42,67		36,12	
Potássio (kg há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS

10	3,01 a	2,61 a	2,51 a	1,58 a	*	*	*	*
24	49,37 a	46,41 a	39,47 a	38,40 a	*	*	*	*
38	73,20 a	79,97 a	57,72 a	68,92 a	2,04 a	2,15 a	*	*
50	55,98 a	44,03 a	103,87 a	69,91 a	13,68 a	13,59 a	*	*
63	47,12 a	48,17 a	104,39 a	132,45 a	79,40 a	80,96 a	4,34 a	5,84 a
77	25,14 a	32,78 a	110,68 b	156,77 a	97,27 a	96,07 a	17,95 a	16,34 a
91	23,01 a	31,91 a	165,99 a	196,19 a	53,94 a	63,10 a	19,99 a	21,32 a
105	14,11 a	17,21 a	56,26 a	52,67 a	14,52 a	23,91 a	15,12 a	17,00 a
CV1%	64,78		28,40		28,85		29,9	
CV2%	46,47		30,21		33,13		25,29	

Cálcio (kg há-1)

DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	0,15 a	0,11 a	0,08 a	0,06 a	*	*	*	*
24	2,87 a	3,65 a	1,30 a	1,42 a	*	*	*	*
38	3,83 a	5,43 a	3,19 a	3,22 a	0,07 a	0,07 a	*	*
50	3,65 a	3,90 a	3,13 a	3,49 a	0,51 a	0,27 a	*	*
63	10,17 a	6,23 b	3,27 b	8,22 a	4,75 a	2,85 a	0,33 a	0,60 a
77	5,75 b	9,26 a	7,67 b	19,77 a	8,06 a	5,33 a	2,03 a	1,57 a
91	9,26 a	11,11 a	8,02 a	3,43 b	6,66 a	8,81 a	1,89 a	2,37 a
105	9,93 a	8,75 a	6,96 a	10,96 a	7,79 a	6,05 a	1,96 a	1,97 a
CV1%	49,66		29,38		26,60		30,60	
CV2%	40,69		54,94		77,02		63,79	

Magnésio (kg há-1)

DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	0,11 a	0,11 a	0,10 a	0,08 a	*	*	*	*
24	2,56 a	2,27 a	2,11 a	1,81 a	*	*	*	*
38	3,66 a	3,98 a	4,67 a	4,75 a	0,11 a	0,12 a	*	*
50	4,06 a	3,81 a	7,81 a	6,46 a	0,89 a	1,08 a	*	*
63	7,36 a	6,63 a	10,75 a	14,08 a	8,35 b	13,93 a	0,66 a	0,91 a
77	3,65 a	4,99 a	13,95 b	20,56 a	15,57 a	11,22 b	4,53 a	3,65 b

91	5,04 b	6,83 a	16,58 a	16,39 a	11,56 b	15,85 a	4,74 a	4,73 a
105	4,85 b	6,55 a	12,42 a	15,63 a	10,33 a	11,29 a	3,91 a	4,00 a
CV1%	46,50		16,79		15,51		21,65	
CV2%	27,58		28,29		36,52		32,39	
Enxofre (kg há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	0,20 a	0,22 a	0,06 a	0,06 a	*	*	*	*
24	2,18 a	2,69 a	0,81 a	0,85 a	*	*	*	*
38	2,97 a	3,00 a	0,63 a	1,08 a	0,19 a	0,15 a	*	*
50	3,37 a	3,27 a	3,02 a	2,54 a	1,28 a	0,97 a	*	*
63	7,36 a	5,38 a	4,16 a	5,16 a	8,54 a	6,83 b	1,52 a	2,53 a
77	4,05 a	3,36 a	3,82 a	5,08 a	10,60 a	8,19 b	3,75 a	3,54 a
91	1,67 b	4,25 a	4,33 b	7,27 a	10,28 a	10,67 a	3,61 b	6,21 a
105	3,40 a	2,16 a	5,61 a	5,10 a	9,20 a	10,53 a	4,23 a	5,40 a
CV1%	86,96		34,00		41,28		63,71	
CV2%	56,74		54,90		23,58		77,75	

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV - coeficiente de variação

**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

ANEXO: B – Desdobramento da interação entre cultivo e dias após a emergência no acúmulo de micronutrientes no milho em cultivo consorciado e solteiro. Brejo, Maranhão, 2022.

Cobre (g há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	0,43 a	0,30 a	0,24 a	0,15 a	*	*	*	*
24	8,23 a	9,01 a	3,17 a	4,78 a	*	*	*	*
38	11,52 a	10,95 a	10,20 a	6,99 a	0,73 a	0,61 a	*	*
50	17,66 a	18,40 a	6,78 a	4,19 a	7,69 a	6,30 a	*	*
63	29,56 a	26,42 a	27,59 a	22,48 a	63,79 a	67,49 a	5,14 a	9,06 a
77	17,49 b	26,04 a	29,36 a	30,53 a	109,00 a	85,29 a	15,72 a	19,79 a
91	18,65 a	12,55 b	31,30 a	13,04 b	102,24 a	102,69 a	27,09 a	23,35 a
105	22,94 a	20,78 a	24,85 a	16,74 a	78,57 b	96,23 a	33,08 a	34,70 a
CV1 %	22,51		89,91		14,49		42,41	
CV2 %	24,27		75,40		22,59		44,47	
Ferro (g há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	12,88 a	10,64 a	9,85 a	3,97 a	*	*	*	*
24	274,87 a	173,68 a	72,76 a	46,84 a	*	*	*	*
38	264,39 a	268,44 a	161,38 a	144,46 a	10,43 a	6,70 a	*	*
50	318,36 a	245,94 a	1169,73 a	1171,83 a	51,34 a	51,99 a	*	*
63	555,09 a	594,09 a	1283,78 a	888,61 b	883,43 a	530,46 b	30,93 b	67,53 a
77	263,33 b	484,63 a	1271,37 a	1433,76 a	1145,01 a	1088,37 a	88,55 a	94,10 a
91	344,20 a	356,59 a	372,88 b	1004,51 a	1229,48 a	1457,85 a	89,08 a	102,17 a
105	329,56 a	265,43 a	538,71 b	894,90 a	803,78 a	913,77 a	70,27 a	76,44 a
CV1 %	14,84		17,03		34,05		42,62	
CV2 %	26,87		36,41		43,16		47,42	
Zinco (g há-1)								
DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	1,04 a	1,00 a	0,76 a	0,57 a	*	*	*	*

24	73,90 a	89,01 a	34,03 a	23,01 a	*	*	*	*
38	68,62 a	62,91 a	114,65 a	83,96 a	6,11 a	5,84 a	*	*
50	99,39 a	62,14 b	144,26 a	119,26 a	37,62 a	33,95 a	*	*
63	120,55 a	124,04 a	148,78 a	163,85 a	421,73 a	281,67 b	20,52 a	35,69 a
77	39,78 b	77,44 a	189,36 a	247,12 a	575,07 a	385,26 b	122,65 a	97,13 b
91	61,46 a	64,82 a	142,04 a	160,10 a	440,65 a	426,09 a	115,23 a	123,44 a
105	53,02 a	50,59 a	127,45 a	117,40 a	480,50 a	267,74 b	99,74 a	108,14 a
CV1 %	21,96		52,27		28,79		15,85	
CV2 %	34,46		37,54		35,65		26,56	

Manganês (g há-1)

DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	1,46 a	1,16 a	0,63 a	0,47 a	*	*	*	*
24	71,92 a	75,51 a	16,77 a	14,78 a	*	*	*	*
38	67,29 a	52,83 a	35,01 a	27,71 a	1,89 a	1,87 a	*	*
50	73,91 a	59,39 a	48,07 a	58,84 a	14,11 a	14,84 a	*	*
63	127,05 a	119,34 a	71,75 b	218,53 a	277,55 a	160,69 a	6,81 b	15,50 a
77	69,54 b	120,28 a	192,84 b	444,89 a	293,70 a	295,84 a	31,26 a	24,14 b
91	96,98 a	73,32 a	243,84 a	120,34 a	243,91 b	386,84 a	29,65 a	32,45 a
105	94,58 a	70,51 a	186,03 a	191,58 a	252,47 b	314,59 a	26,44 a	32,60 a
CV1 %	26,63		8,20		20,56		46,63	
CV2 %	34,11		42,57		24,81		36,36	

Boro (g há-1)

DAE	Folha		Colmo		Estrutura reprodutivas		Grãos	
	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS
10	1,29 a	1,41 a	1,72 a	1,06 a	*	*	*	*
24	15,13 a	12,02 a	3,27 a	11,47 a	*	*	*	*
38	17,73 a	15,00 a	15,49 a	8,16 a	1,32 a	1,07 a	*	*
50	37,04 a	23,72 b	20,45 a	20,67 a	9,35 a	7,38 a	*	*
63	47,30 a	44,64 a	50,24 a	53,18 a	72,52 a	43,60 b	1,88 a	2,95 a
77	24,07 b	36,53 a	69,19 a	85,95 a	91,75 a	80,08 a	13,47 b	27,22 a
91	32,37 b	45,61 a	100,93 a	77,51 b	87,39 b	123,55 a	23,53 a	27,25 a
105	27,61 a	32,33 a	63,02 a	62,89 a	66,03 a	62,35 a	15,72 a	23,26 a
CV1 %	39,12		9,45		47,13		66,40	

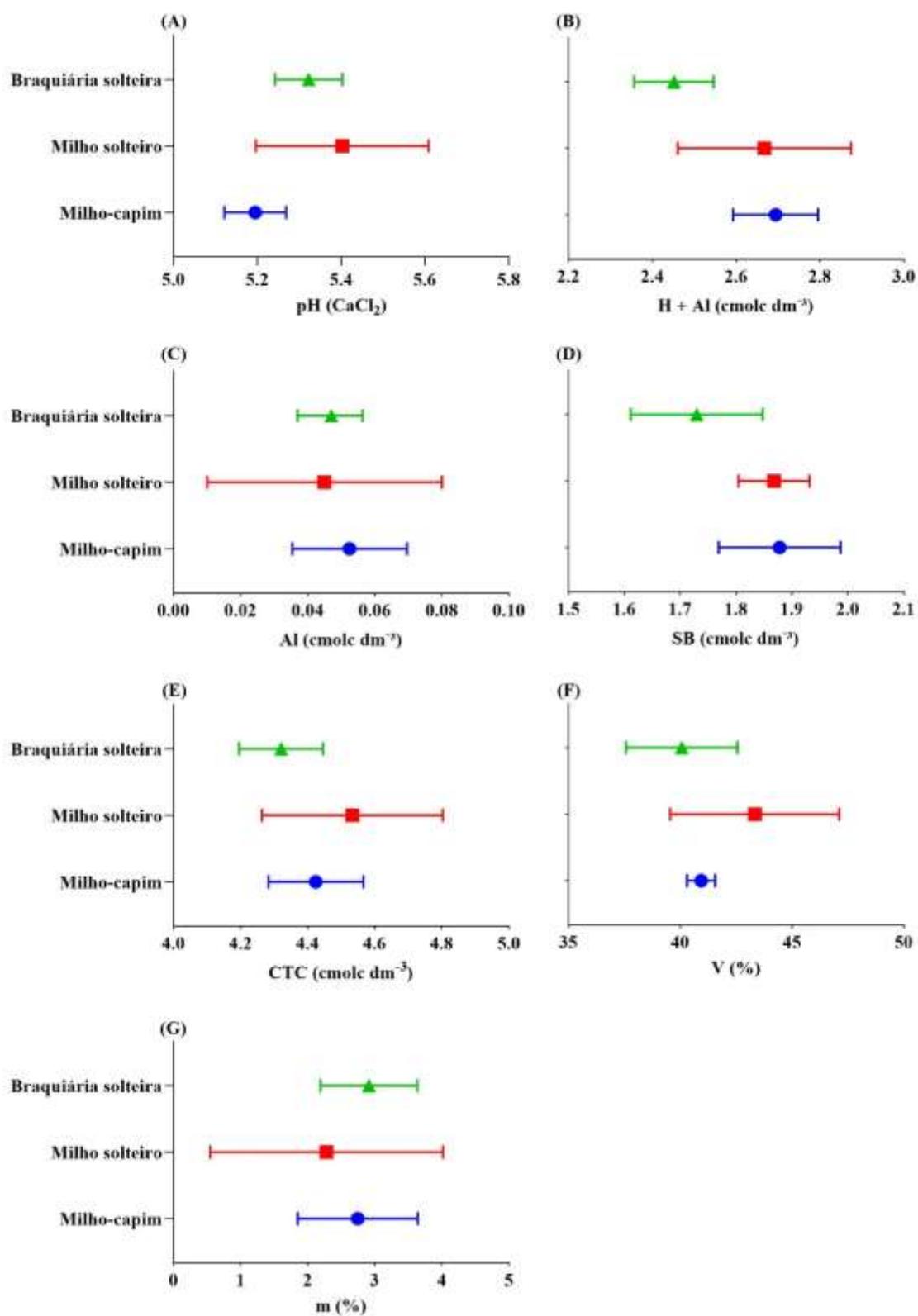
CV2	32,84	39,38	36,58	64,77
%				

MC – milho consorciado, MS – milho solteiro, DAE – dias após a emergência, CV - coeficiente de variação

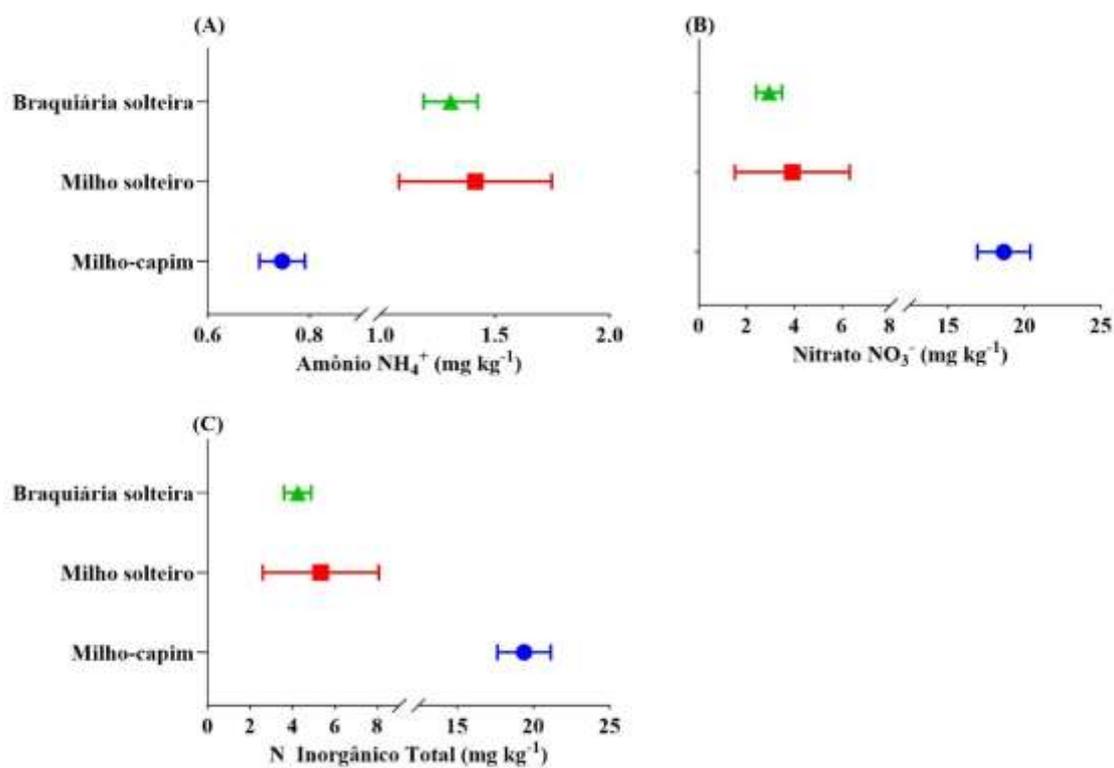
**, * e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste t ($p < 0,05$), respectivamente.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “t” ao nível de 5% de significância.

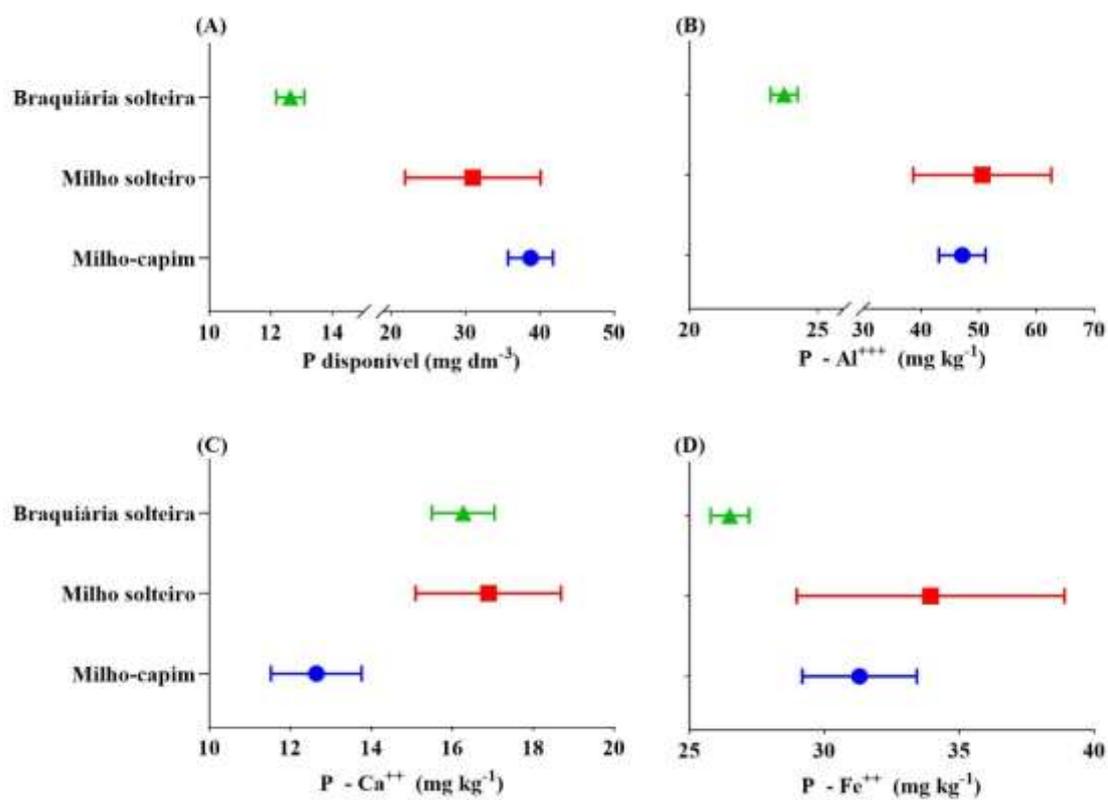
ANEXO: C – Análise química de fertilidade do solo na camada de 0 a 20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.



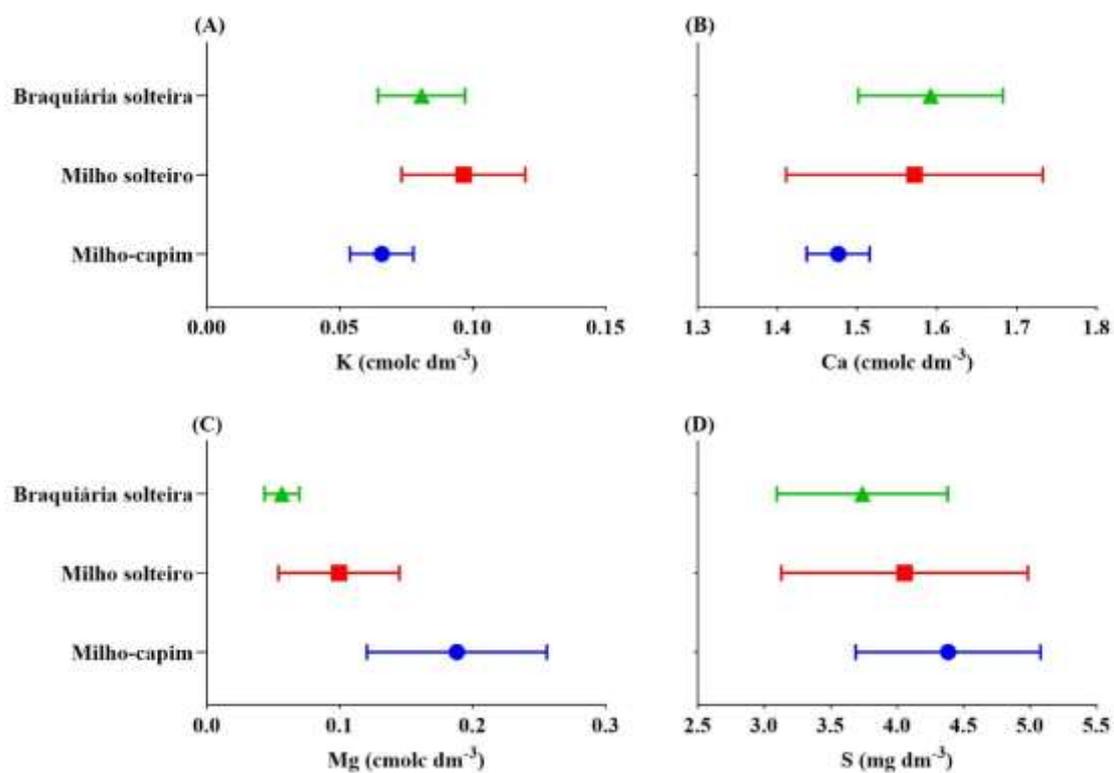
ANEXO: D – Fracionamento do nitrogênio no solo na camada de 0 a 20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.



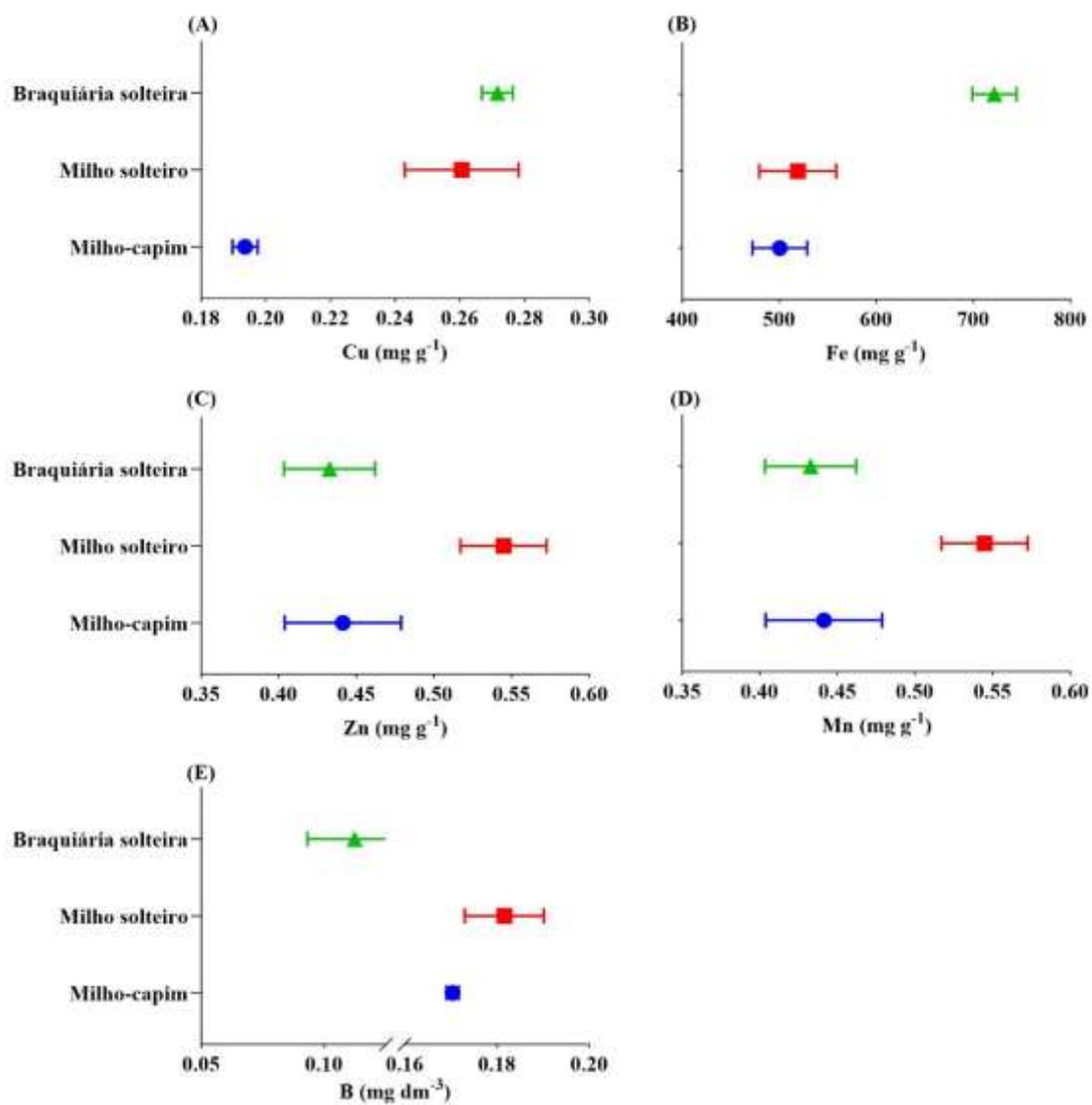
ANEXO: E – Fracionamento do fósforo no solo na camada de 0 a 20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.



ANEXO: F – Macronutrientes no solo na camada de 0 a 20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.



ANEXO: G – Micronutrientes no solo na camada de 0 a 20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.



ANEXO: H – Substâncias húmicas no solo na camada de 0 a 20 cm. Brejo, Maranhão, 2022.

