



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CYNTHIA MARIA GOMES SILVA

**CONSÓRCIO DUPLO E TRIPLO DE PLANTAS DE COBERTURA NO CULTIVO
DE MILHO ENTRE RENQUE DE EUCALIPTO**

Bom Jesus – PI

2024

CYNTHIA MARIA GOMES SILVA

**CONSÓRCIO DUPLO E TRIPLO DE PLANTAS DE COBERTURA NO CULTIVO
DE MILHO ENTRE RENQUE DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – PPGCA, Campus Professora Cinobelina Elvas – CPCE, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, na área de concentração Ciência do Solo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda

Bom Jesus - PI

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Piauí

Biblioteca Setorial Campus Professora Cinobelina Elvas

Setor de Processamento Técnico

S586c Silva, Cynthia Maria Gomes.

Consórcio duplo e triplo de plantas de cobertura no cultivo de milho entre renque de eucalipto / Cynthia Maria Gomes Silva. - 2024.

52 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Bom Jesus, Piauí, 2024.

“Orientação: Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda.

1. Ciências agrárias. 2. Cobertura de solo. 3. Monocultivo I. Lacerda, Julian Junio de Jesús. II. Título.

CDD 630

Bibliotecária: Nayra Fontinele Feijão-CRB3/1249

CYNTHIA MARIA GOMES SILVA

**CONSÓRCIO DUPLO E TRIPLO DE PLANTAS DE COBERTURA NO CULTIVO
DE MILHO ENTRE RENQUE DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – PPGCA, do Campus Professora Cinobelina Elvas – CPCE, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Ciência do Solo.

Linha de Pesquisa: Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda.

Aprovada em: 29 de agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JULIAN JUNIO DE JESUS LACERDA**
Data: 10/04/2026 11:22:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda (UFPI)
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL FELIPPE RATKE**
Data: 13/04/2026 09:27:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke (UFMS)
Examinador Externo ao Programa

Documento assinado digitalmente
 **JOSE OSCAR LUSTOSA DE OLIVEIRA JUNIOR**
Data: 13/04/2026 07:51:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. José Oscar Lustosa de Oliveira Júnior (EMBRAPA)
Examinador Externo ao Programa

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus amados pais Marina e Francisco, que sempre me apoiaram e se dedicaram incondicionalmente, me encorajando e me preparando para todos os momentos de dificuldade, agradeço por sempre estarem ao meu lado e por acreditarem no meu sucesso sempre.

Aos meus irmãos Savio e Samille, pela amizade e atenção dedicada quando precisei.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Ao Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda, que me orientou e esteve comigo em todo o tempo, me dando suporte e acreditando no meu potencial. Foi responsável por grande parte do meu crescimento profissional e pessoal neste período, além de me proporcionar uma excelente formação e muito aprendizado.

Aos meus colegas, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como profissional, em especial aos meus amigos Murilo, Allana, Fatima, Renato, Yanka, Eduarda.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí - PPGCA/UFPI.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A Embrapa Meio-Norte e a Fazenda Vô Desidério pelo apoio e suporte na condução desse trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram, incentivando ou torcendo. Muitíssimo obrigada.

RESUMO

A prática de consórcio na safrinha contribui para uma maior produção de matéria seca e palhada, beneficiando a cobertura do solo. Este estudo teve como propósito analisar a produção de biomassa, o acúmulo de nutrientes e a produtividade do milho cultivado em consórcio com plantas de cobertura, dentro de um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Foi realizado em condições de campo na Fazenda Vô Desidério (9°16'24" S; 44°44'53" W), no município de Bom Jesus – PI, em 2022 em um solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico e textura fraco-arenosa. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial duplo com um tratamento adicional $4 \times 4 + 1$. O primeiro fator é constituído por quatro espécies de Poaceae (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu, *Panicum maximum* cultivar BRS Zuri, *Panicum maximum* cultivar Massai) junto com o milho (consórcio duplo). O segundo fator foram três espécies de Fabaceae (*Vigna unguiculata* (feijão-caupi), *Cajanus cajan* cultivar BRS Mandarin, *Crotalaria Spectabilis*) junto com o milho e as Poaceae (consórcio triplo). O adicional foi o milho SYN 422 vip solteiro, totalizando dezessete tratamentos. As variáveis analisadas foram teor de nutrientes na parte aérea do consórcio e produtividade de matéria seca, componentes de produtividade do milho, atributos químicos do solo após a colheita do milho. O cultivo de milho em consórcio com plantas de cobertura das famílias Poaceae e Fabaceae melhorou a qualidade do solo, aumentando os teores de Carbono Orgânico Total (COT) nas camadas de 0,0 a 0,20 m. Os consórcios duplos e triplos de milho tiveram maior produção de massa seca em comparação ao milho solteiro. A adição de espécies da família Fabaceae favoreceu o acúmulo de nitrogênio nas plantas consorciadas, enquanto o acúmulo de fósforo e potássio foi superior em sistemas de consórcio em relação ao milho solteiro. A produção do milho foi otimizada em consórcios que incluíram *Panicum maximum* cv Zuri *Crotalaria spectabilis*.

Palavras-chave: Cobertura do solo, Consórcio, Monocultivo, *Zea mays* L.

ABSTRACT

The practice of intercropping in the second crop contributes to a greater production of dry matter and straw, benefiting soil cover. This study aimed to analyze the biomass production, nutrient accumulation, and productivity of corn grown in intercropping with cover crops, within an Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLFS) system. It was carried out under field conditions at Fazenda Vô Desidério (9°16'24" S; 44°44'53" W), in the municipality of Bom Jesus, PI, in 2022 in a soil classified as Typical Dystrophic Yellow Latosol with weak-sandy texture. The design was randomized blocks, with four replications, in a double factorial scheme with an additional treatment $4 \times 4 + 1$. The first factor consisted of four species of Poaceae (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu, *Panicum maximum* cultivar BRS Zuri, *Panicum maximum* cultivar Massai) together with corn (double consortium). The second factor was three species of Fabaceae (*Vigna unguiculata* (cowpea), *Cajanus cajan* cultivar BRS Mandarin, *Crotalaria Spectabilis*) together with corn and Poaceae (triple consortium). The additional factor was single SYN 422 vip corn, totaling seventeen treatments. The variables analyzed were nutrient content in the aerial part of the consortium and dry matter productivity, corn productivity components, and soil chemical attributes after corn harvest. The cultivation of corn intercropped with cover crops of the Poaceae and Fabaceae families improved soil quality, increasing the Total Organic Carbon (TOC) content in the 0.0 to 0.20 m layers. Double and triple corn intercrops had higher dry matter production compared to single corn. The addition of species of the Fabaceae family favored the accumulation of nitrogen in the intercropped plants, while the accumulation of phosphorus and potassium was higher in intercropped systems compared to single corn. Corn production was optimized in intercropped systems that included *Panicum maximum* cv Zuri *Crotalaria spectabilis*.

Keywords: Ground cover, Intercropping, Monoculture, *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Registro de plantas da espécie <i>Urochloa brizantha</i>	18
Figura 2 - Registro de plantas da espécie <i>Crotalaria spectabilis</i>	18
Figura 3 - Registro de plantas da espécie <i>Cajanus cajan</i>	19
Figura 4 - Registro de plantas da espécie <i>Panicum maximum</i>	20
Figura 5 - Mapa de localização do município de Bom Jesus-PI	22
Figura 6 - Precipitação pluvial média mensal observada na Fazenda Bom Jesus-PI, entre fevereiro de 2022 e agosto de 2022.	23
Figura 7 - Registro do experimento na fazenda Vô Desiderio, Bom Jesus-PI, entre fevereiro de 2022 e agosto de 2022.	24
Figura 8 - Produtividade de matéria seca de consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae	38
Figura 9 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de plantas em consórcio duplo e triplo com milho	39
Figura 10 - Acúmulo de fósforo na parte aérea de plantas em consórcio duplo e triplo com milho	39
Figura 11 - Acúmulo de potássio na parte aérea de plantas em consórcio duplo e triplo com milho	40
Figura 12 - Produtividade de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae	41
Figura 13 - Número de fileiras/ espigas de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae	42
Figura 14 - Número de grãos/fileira de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae	43
Figura 15 - Número de grãos/espiga de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae	43
Figura 16 - Número de peso de mil sementes de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição dos tratamentos avaliados no experimento.....	24
Tabela 2 -	Atributos químicos do solo, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do milho, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae. Bom Jesus-PI, 2022.....	28
Tabela 3 -	Valores médios para relação cálcio/magnésio, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do milho, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae.	29
Tabela 4 -	Valores médios para relação cálcio/magnésio, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do feijão, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae.	29
Tabela 5 -	Valores médios para o teor de fósforo, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do milho, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae.....	30
Tabela 6 -	Teores de nutrientes obtidos na massa seca do conjunto milho em consorcio com Poaceae e/ou Fabaceae.....	31
Tabela 7 -	Teores de fósforo foliar obtidos na massa seca de milho + consorcio com Poaceae e/ou Fabaceae.....	33
Tabela 8 -	Teores de fósforo foliar obtidos na massa seca de feijão + consorcio com Poaceae e/ou Fabaceae.....	33
Tabela 9 -	Teores de nutrientes obtidos na massa seca de folhas de milho cultivado em consorcio com Poaceae e/ou Fabaceae.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	<i>Zea mays</i> . L.....	12
2.2	Sistema de produção integrada.....	13
2.3	Consórcio de milho com Poaceae e Fabaceae	15
2.4	Plantas de cobertura.....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Caracterização da área experimental.....	22
3.2	Delineamento experimental.	23
3.3	Semeadura e manejo da área.....	23
3.4	Variáveis analisadas	25
3.5	Análise de dados	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.	27
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICES	50

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais de maior relevância global especialmente na alimentação animal. Sua produção tem crescido significativamente no Brasil, tanto em produtividade quanto em volume de grãos. Na safra 2022/2023, o Brasil cultivou uma área de 22,34 milhões de hectares. A produtividade média foi de 5.781 kg ha⁻¹ resultando em uma produção total de 129,9 milhões de toneladas. Durante essa safra, os agricultores enfrentaram desafios climáticos sérios, como secas severas em algumas regiões e chuvas intensas em outras, afetando a produtividade de maneiras diferentes (CONAB, 2023).

Para mitigar os impactos ambientais da agricultura, a adubação verde se destaca como uma prática sustentável em modelos agrícolas (Kumar *et al.*, 2014). É essencial utilizar diversas espécies de plantas de cobertura aumentando a matéria orgânica (Cunha *et al.*, 2011). Além disso, essas plantas contribuem para aumentar a produtividade das culturas subsequentes (Andreola *et al.*, 2000) e podem reduzir a necessidade de fertilizantes (Lázaro *et al.*, 2013), além de ajudar no controle de pragas (Patel; Dhillon, 2017).

A adesão à adubação verde no verão ainda é limitada entre os agricultores, pois ocupa espaço que poderia ser usado para culturas comerciais e não gera retorno financeiro rápido (Dourado; Silva; Bolonhezi, 2001). Por isso, a prática de consorciar a cultura principal com plantas de cobertura surge como uma alternativa interessante, ao promover maior produção de biomassa e beneficiando a cultura principal, o que pode manter ou aumentar a produtividade (Mhlanga *et al.*, 2016), especialmente com o uso de Fabaceae que colaboram no processo biológico de fixação de nitrogênio (Kermah *et al.*, 2017). No consórcio entre milho e adubos verdes, como guandu-anão (*Cajanus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*), o sistema Santa Brígida, que visa validar e disseminar tecnologias de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Oliveira *et al.*, 2010).

O consórcio de milho com plantas de cobertura oferece uma série de benefícios para os agricultores. Enquanto as Fabaceae fixam nitrogênio atmosférico no solo, essencial para o crescimento do milho, as Poaceae contribuem com a produção de biomassa e a cobertura do solo, ajudando a controlar o crescimento de plantas daninhas. Assim, o consórcio reduz a dependência de fertilizantes e herbicidas, tornando o sistema mais sustentável e econômico (Takasu, 2021).

Os sistemas de consórcio duplo e triplo apresentam diferenças significativas em termos de produtividade e manejo. Enquanto os sistemas duplos envolvem apenas duas espécies vegetais, os triplos incluem três ou mais. Os sistemas duplos são mais simples de manejar,

enquanto os triplos oferecem maior diversificação e benefícios para o solo e as plantas envolvidas. Cabe aos agricultores avaliar as vantagens e desvantagens de cada sistema de acordo com as condições locais (Oliveira et al., 2010).

Estudos comparativos entre sistemas de consórcio duplo e triplo têm mostrado resultados variados em relação à produção de milho e aos atributos do solo (Freire *et al.* 2023). Alguns estudos indicam maior produtividade nos sistemas triplos, enquanto outros não encontram diferenças significativas. É importante entender que os resultados podem ser diferentes dependendo das espécies vegetais utilizadas, as práticas agronômicas adotadas e as condições ambientais específicas (Silva et al., 2021).

Diante da lacuna existente sobre a influência dos consórcios duplos e triplos na produtividade da cultura principal e da falta de conhecimento técnico sobre consórcios agrícolas, o objetivo deste trabalho é avaliar como diferentes sistemas de consórcio, tanto duplos quanto triplos, afetam a produção de biomassa, o armazenamento de nutrientes e o rendimento do milho. A pesquisa visa colaborar com conhecimento sobre a comparação entre consórcios duplos e triplos e sua influência na produtividade do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Zea mays*. L

O milho é uma planta da família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. Sua propagação é do tipo sexuada e depende do cruzamento entre plantas para a formação de sementes. Essas são do tipo cariopse, comum as gramíneas, e são divididas em: a) pericarpo – parede do ovário que pode assumir diversas cores dependendo da variedade da planta e apresenta certa resistência mecânica; b) endosperma – a maior parte grão em volume, triploide (dois núcleos femininos e um masculino) e constituído principalmente de amido e c) embrião - não armazena reservas e possui o primórdio de todos os órgãos da planta (Magalhães; Souza, 2011).

A estrutura radicular das plantas de milho segue o padrão das gramíneas, sendo do tipo fasciculado e pode atingir mais de um metro de profundidade, dependendo do ambiente. A raiz primária se aprofunda verticalmente no solo até o aparecimento das raízes secundárias, sendo que essas possuem grande potencial de ramificação. Ao longo do desenvolvimento da planta de milho, raízes adventícias surgem conferindo a planta uma maior capacidade de fixação no solo e de se manter ereta. Essas raízes partem dos primeiros nós do colmo e se ramificam quando atingem o solo (Barros; Calado, 2014).

Quanto as folhas, essas são morfológicamente classificadas como completas, pois apresentam limbo (piloso), pecíolo e bainha. Estão dispostas de forma alternada e o seu comprimento é muito superior à sua largura, conferindo a elas a classificação de folhas lanceoladas. É uma planta monoica, de modo que a inflorescência masculina se apresenta agrupada em uma estrutura denominada panícula, situada no topo do colmo.

Cada flor masculina é composta por três estames que produzem pólen por até oito dias após seu surgimento. A inflorescência feminina é a espiga, constituída por um eixo aonde se dispõe os alvéolos e as espiguetas aos pares. Cada espigueta é formada por duas flores, uma fértil e uma estéril e cada flor possui um estilo-estigma, que é essencial para a fecundação (Barros; Calado, 2014). Por apresentar a inflorescência masculina antes da feminina, a planta de milho é classificada como uma planta protândrica.

Com grande importância no mercado econômico e uma produção mundial de mais de 1.186 milhões de toneladas na safra 2020/21 (USDA, 2022), os EUA figuram como os maiores produtores de milho e também são os maiores consumidores desse cereal, seguidos pela China, sendo que o Brasil desempenha um forte papel na cadeia de produção e consumo desse grão. O

incremento tecnológico desenvolvido através de cultivares mais modernas e técnicas de manejo e cultivo proporcionaram ganhos de produtividade muito superiores aos indicadores de crescimento da área plantada de milho no Brasil (IBGE, 2017).

A evolução das técnicas de cultivo bem como do desenvolvimento varietal proporcionou mudanças nos polos produtores de milho no Brasil. Em meados da década de 90, as regiões Sul e Sudeste dominavam a área plantada da cultura em mais de 60%, contribuindo com 75% da produção do grão. A partir de 2011, a região Centro-Oeste passa a liderar o plantio da cultura, concentrando mais de 34% da área cultivada de milho no Brasil e contribuindo com mais de 42% da produção nacional para essa safra (CONAB, 2023). Atualmente, a região Centro-Oeste contribui com mais de 55% da produção nacional de milho e planta mais de 49% da área total de milho cultivada no país (CONAB, 2023).

O cenário produtivo nacional de milho mostra ligeiro avanço na área cultivada total do grão, aumentando cerca de 12% durante o ano safra 2020/21 quando comparado ao ano safra 2016/17. Já em relação a produtividade, uma redução de mais de 20% é notada quando comparada a produtividade média realizada ao longo da safra 2020/21 com a safra 2016/17 sendo que, nesse período, a Conab registrou a maior média nacional de produtividade do milho, que foi de 5.719 kg ha^{-1} , durante o ano safra de 2018/19. A maior média de produtividade já registrada foi de $11.000 \text{ kg ha}^{-1}$ para o estado do Mato Grosso do Sul, durante o período da safra de 2020/21.

2.2 Sistema de produção integrada

Considerando a ampla utilização de solos arenosos na agricultura e suas limitações físicas, químicas e biológicas, que resultam em baixa fertilidade, maior vulnerabilidade à erosão e lixiviação de poluentes, além de déficits hídricos e redução do potencial produtivo, é fundamental adotar práticas agrícolas mais eficientes. Nesse contexto, sistemas integrados, como o plantio direto (SPD), a integração lavoura-pecuária (ILP) e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), têm se mostrado eficazes, trazendo benefícios significativos, como a melhoria da qualidade física do solo, o aumento do acúmulo de carbono e a maior disponibilidade de água (Silva *et al.*, 2021).

Nessa ótica, com o objetivo de utilizar de forma eficiente os recursos disponíveis, surge a possibilidade de implementar sistemas de produção diversificados, o que resulta na otimização do uso de insumos, melhoria da qualidade do solo e da água, e, consequentemente, maior rentabilidade por unidade de área. A integração entre lavoura e pecuária se apresenta

como uma estratégia eficaz para atingir esses objetivos, pois está intimamente relacionada à sustentabilidade (Junior *et al.*, 2020).

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), também conhecido como Sistema Agropastoril, visa aumentar a produtividade e promover condições ambientais favoráveis por meio da rotação e diversificação na produção de pastagem e lavoura em Sistema de Plantio Direto (SPD), utilizando a mesma área em diferentes períodos. Existem diversas metodologias que podem ser aplicadas dentro do Sistema ILP, as quais devem ser adaptadas conforme as necessidades de cada região, incluindo: Barreirão, Santa Brígida, Santa Fé, São Mateus e Gravataí (Camporezi, 2022).

O Sistema Barreirão é uma tecnologia que possibilita o estabelecimento de pastagem após a colheita dos grãos. Esse processo começa com o preparo completo da área, incluindo correção e adubação do solo antes do plantio das culturas de grãos, ao mesmo tempo em que se introduzem gramíneas forrageiras perenes, principalmente as braquiárias (Almeida *et al.*, 2019).

O Sistema Santa Brígida visa aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo por meio da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, prática que é potencializada com a utilização de adubos verdes no cultivo do milho. Essa abordagem pode beneficiar a cultura subsequente, já que o nitrogênio fornecido pelas leguminosas reduz a necessidade de adubação com nitrogênio mineral (Queirós *et al.*, 2020).

O Sistema Santa Fé envolve a introdução de espécies forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus*, principalmente por meio de consórcio, em sistemas de produção de grãos. Seu objetivo é gerar forragem durante o período de entressafra, além de fornecer palhada para o Sistema de Plantio Direto (SPD) da cultura subsequente (Ponciano *et al.*, 2021).

O Sistema São Mateus tem como objetivo implementar o Sistema de Plantio Direto (SPD) aliado à pastagem e à rotação de lavouras. Esse sistema é voltado para regiões com solos arenosos, com baixos teores de nutrientes e capacidade reduzida de retenção de água, além de áreas onde a distribuição de chuvas ao longo do ano é irregular, resultando em restrição hídrica (Fontaneli; Fontaneli; Panisson, 2022).

O Sistema Gravataí é baseado no consórcio entre feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e gramíneas do gênero *Brachiaria*, como *B. ruziziensis* e *B. brizantha* cvs. BRS Paiaguás e BRS Piatã. O objetivo é promover um maior acúmulo de forragem com alto valor nutritivo, destacando-se pelo elevado teor de proteína bruta (PB) e boa digestibilidade (Camporezi, 2022).

2.3 Consórcio de milho com Poaceae e Fabaceae

O consórcio de milho com leguminosas e gramíneas apresenta diversos benefícios em termos de aumento da produtividade agrícola. A presença das leguminosas no sistema contribui para a fixação biológica de nitrogênio, fornecendo esse elemento essencial para o milho e reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada (Calegari, 2009). Além disso, as gramíneas atuam como cobertura do solo, auxiliando na retenção de umidade e na supressão de plantas daninhas, o que resulta em um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das culturas. Dessa forma, o consórcio promove uma maior eficiência no uso dos recursos disponíveis, aumentando a produtividade por área cultivada (Calegari, 2020).

Quanto a incorporação de nitrogênio no solo, o sistema duplo apresenta vantagens em relação ao sistema triplo (Lima; Petter; Leandro, 2015). Isso ocorre porque, no sistema duplo, a interação entre o milho e as leguminosas é mais direta e eficiente, permitindo uma maior transferência de nitrogênio para a cultura principal (Laurindo *et al.*, 2009). Por outro lado, no sistema triplo, a presença de uma terceira cultura pode competir por nutrientes e recursos com as outras duas espécies, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para o milho. Portanto, a escolha entre os sistemas duplo e triplo deve considerar a capacidade de fixação de nitrogênio das leguminosas e sua interação com o milho (Laurindo *et al.*, 2009).

A diversificação de culturas no consórcio de milho com leguminosas e gramíneas desempenha um papel essencial na melhoria da saúde do solo. A rotação de culturas contribui para a redução da compactação do solo, o controle de doenças e pragas e o aumento da biodiversidade microbiana (Lima; Petter; Leandro, 2015). Além disso, as diferentes exigências nutricionais das espécies envolvidas permitem uma utilização mais equilibrada dos nutrientes presentes no solo, evitando seu esgotamento e melhorando sua fertilidade ao longo do tempo. Portanto, a diversificação de culturas desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Lima; Petter; Leandro, 2015).

Os agricultores enfrentam múltiplos desafios ao adotar o consórcio de milho com leguminosas e gramíneas. Um dos principais obstáculos é a falta de conhecimento técnico sobre as práticas agroecológicas necessárias para o sucesso do consórcio (Calegari, 2020). Além disso, questões relacionadas ao manejo integrado de pragas e doenças, à seleção adequada das espécies envolvidas e à gestão da irrigação podem representar barreiras significativas para os agricultores. Portanto, é essencial oferecer suporte técnico e capacitação aos produtores interessados em adotar essa prática (Richart *et al.* 2010).

Para otimizar a produção no consórcio de milho com leguminosas e gramíneas, é importante considerar fatores como espaçamento entre plantas e manejo da irrigação. O espaçamento adequado entre as culturas permite uma melhor utilização dos recursos disponíveis no solo e evita competição excessiva por luz solar e nutrientes (Calegari, 2020). Além disso, um manejo eficiente da irrigação garante que as plantas recebam água na quantidade certa nos momentos adequados do ciclo vegetativo. Dessa forma, é possível maximizar a produtividade das culturas envolvidas no consórcio (Pariz *et al.*, 2011).

Os impactos ambientais positivos do consórcio de milho com leguminosas e gramíneas são significativos. A redução da necessidade de fertilizantes nitrogenados contribui para a diminuição da contaminação do solo e da água (Pariz *et al.*, 2011). Além disso, a preservação da biodiversidade local é favorecida pela diversificação das culturas no consórcio, que proporciona habitats mais ricos em espécies vegetais e animais. Assim, o consórcio se mostra como uma prática agrícola sustentável que promove benefícios tanto para os agricultores quanto para o meio ambiente (Calegari, 2020).

Apesar dos inúmeros benefícios associados ao consórcio de milho com leguminosas e gramíneas, sua adoção enfrenta alguns desafios significativos. A necessidade de conhecimento técnico especializado por parte dos agricultores e o investimento inicial requerido para implementar o sistema são obstáculos que precisam ser superados para garantir o sucesso dessa prática agrícola sustentável. É essencial promover capacitações e incentivos financeiros para estimular a adoção do consórcio nas propriedades rurais (Seidel *et al.*, 2021).

As perspectivas futuras para a prática do consórcio de milho com leguminosas e gramíneas são promissoras, destacando seu potencial para promover a sustentabilidade agrícola e alimentar. A crescente demanda por sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes frente às mudanças climáticas tem impulsionado a busca por alternativas como o consórcio, que integra princípios agroecológicos em sua concepção. Com investimentos em pesquisa e extensão rural, é possível ampliar os benefícios dessa prática e disseminá-la entre os produtores rurais em diferentes regiões do mundo (Paciullo *et al.*, 2011).

2.4 Plantas de cobertura

O cultivo de plantas de cobertura, especialmente leguminosas, desempenha um papel crucial na fixação de nitrogênio no solo devido à associação simbiótica com microrganismos. Além de sua contribuição para a fixação biológica, o ciclo vegetativo dessas plantas e a posterior decomposição dos resíduos culturais promovem a ciclagem de nutrientes, aumentando

a disponibilidade de fósforo, potássio, nitrogênio e outros macro e micronutrientes para as culturas subsequentes (Carvalho *et al.*, 2022).

Por outro lado, as plantas de cobertura não leguminosas são eficazes na redução da lixiviação de nitrato ao incorporar o nitrogênio em sua biomassa. O incremento de biomassa vegetal por meio dessas plantas no sistema de produção contribui para o aumento da matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, para o estoque de carbono. Esse processo não apenas melhora a ciclagem de nutrientes, mas também desempenha um papel significativo na mitigação e adaptação às mudanças climáticas, reduzindo os impactos das emissões de gases de efeito estufa.

Entretanto, a eficácia dos benefícios proporcionados pelas plantas de cobertura é influenciada por fatores como condições climáticas, características do solo, especificidades filotécnicas de cada espécie e o ambiente de produção. Dessa forma, não há uma estratégia universal para o uso de plantas de cobertura que seja aplicável a todas as regiões do Brasil (Carvalho *et al.*, 2022).

Compreender as implicações específicas de cada planta de cobertura para o manejo da saúde do solo é essencial para otimizar os benefícios nos sistemas de produção agrícola. Abaixo, são apresentados alguns exemplos das plantas de cobertura mais utilizadas das famílias Fabaceae e Poaceae (Carvalho *et al.*, 2022):

a) Braquiárias (*Urochloa brizantha*, *U. decumbens*, *U. ruziziensis*) (Figura 1)

Conhecidas popularmente como "braquiárias", as gramíneas do gênero *Urochloa* são originárias da África Equatorial e pertencem à família Poaceae, destacando-se pela elevada produção de biomassa. O uso das braquiárias já é amplamente consolidado em sistemas integrados, especialmente em lavoura-pecuária, e em consórcio com culturas comerciais como milho, soja e café. *U. ruziziensis* é frequentemente utilizada em consórcio com o milho na região do Cerrado, desenvolvendo-se ao longo do cultivo da cultura principal, aproveitando as condições climáticas favoráveis, e permanecendo até a entressafra.



Figura 1 - Registro de plantas da espécie *Urochloa brizantha*. Fonte: Canva Pro

Durante esse período, a braquiária desempenha a função de planta de cobertura, promovendo a alta produção de biomassa sobre o solo, o que contribui para a redução do risco de erosão, suprime o crescimento de plantas espontâneas e aumenta a entrada de matéria orgânica no solo, devido à constante renovação do sistema radicular.

b) Crotalaria spectabilis (Figura 2)



Figura 2 - Registro de plantas da espécie *Crotalaria spectabilis*. Fonte: Canva Pro

A *Crotalaria spectabilis* é uma leguminosa anual de primavera-verão, originária da América do Sul e do Norte, popularmente conhecida como guizo-de-cascavel ou chocalho-de-cascavel. Destaca-se entre as leguminosas pela sua eficiência na redução da população de nematoides, especialmente os nematoides de galhas, de cistos e os de lesões radiculares. Essa

planta é amplamente utilizada em áreas infestadas por nematoides, especialmente em locais com acentuada perda de produtividade (Carvalho *et al.*, 2022).

Além de seu papel no controle de nematoides, a *Crotalaria spectabilis* também é eficaz na quebra do ciclo de pragas, doenças, nematoides e plantas invasoras. Pode ser plantada no final do período de plantio da segunda safra, em locais onde não haverá cultivo da cultura principal, com o objetivo de manter o solo coberto. Também é indicada para áreas de pós-colheita de culturas de verão, quando é necessária uma rápida recuperação do solo.

Entre as espécies de *Crotalaria*, a *C. spectabilis* é a mais indicada para consórcio com milho, devido à sua adaptação às condições da entrelinha da cultura (Carvalho *et al.*, 2022). No consórcio com milho verão, o plantio da *Crotalaria* ocorre quando a lavoura de milho já está estabelecida, entre os estádios V2 e V3, juntamente com a adubação de cobertura.

c) *Cajanus cajan* (Figura 3)



Figura 3 - Registro de plantas da espécie *Cajanus cajan*. Fonte: Canva Pro

O guandu anão, ou feijão guandu anão, pertence à família Fabaceae e tem sua origem ainda debatida, com possíveis ligações à África, Ásia ou às Ilhas do Mar do Sul. Destaca-se por sua rusticidade, sendo chamado de "zebu" das leguminosas. Adaptado aos climas tropicais e subtropicais, é valorizado pelo elevado teor proteico, utilizado tanto na alimentação humana quanto animal, além de ser extremamente recomendado para a recuperação de solos (Carvalho *et al.*, 2022).

É recomendado para a recuperação de solos devido à sua eficiência na produção de massa verde com baixa relação C :N, tornando-se ideal para uso como adubo. Apresenta elevada capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio, além de ser um excelente reciclador de nutrientes. Seu sistema radicular vigoroso e profundo pode funcionar como um "subsolador biológico", rompendo camadas compactadas do solo. É uma alternativa viável para controles de culturas no período primavera-verão, sendo compatível com culturas anuais como gramíneas (milho, sorgo, arroz e trigo), leguminosas (soja e feijão), além de algodão e hortaliças.

d) *Panicum maximum* (Figura 4)



Figura 4 - Registro de plantas da espécie *Panicum maximum*. Fonte: Canva Pro

Panicum maximum, ou capim-colonião, é uma gramínea perene que atinge até 2 metros de altura, com folhas largas e inflorescências ramificadas. Nativa da África tropical, adaptou-se bem em regiões como a América do Sul. Tolerante a solos variados, prefere os bem drenados e ricos em nutrientes, além de ser resistente à seca. Valorizada como forrageira pela alta produção de biomassa e valor nutritivo, é usada em pastagens, silagem e feno. Em sistemas de integração lavoura-pecuária, pode ser consorciada com milho, melhorando a estrutura do solo, aumentando matéria orgânica, retenção de umidade, e ciclagem de nutrientes, além de controlar

ervas daninhas. Contudo, requer manejo cuidadoso para evitar competição excessiva com a cultura principal (Carvalho *et al.*, 2022)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada em condições de campo na Fazenda Vô Desidério ($9^{\circ}16'24''$ S; $44^{\circ}44'53''$ W), no município de Bom Jesus, PI, em 2022 (Figura 5). A região possui duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa que engloba os meses de outubro a maio e a outra seca, de junho a setembro. O clima da região é do tipo Aw seguindo os critérios da classificação de Köppen (1936), com precipitação anual média de 940 mm (Inmet, 2022). Os dados da temperatura e precipitação pluvial média referente ao período do experimento estão descritos na figura 6. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico e textura fraco-arenosa.

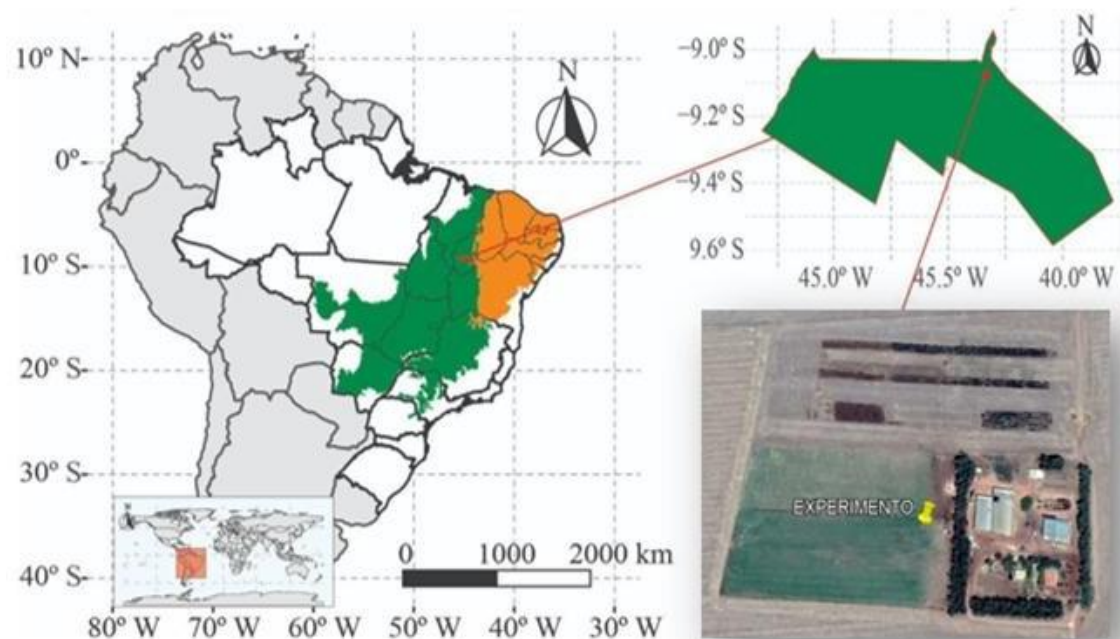


Figura 5 - Mapa de localização do município de Bom Jesus-PI.

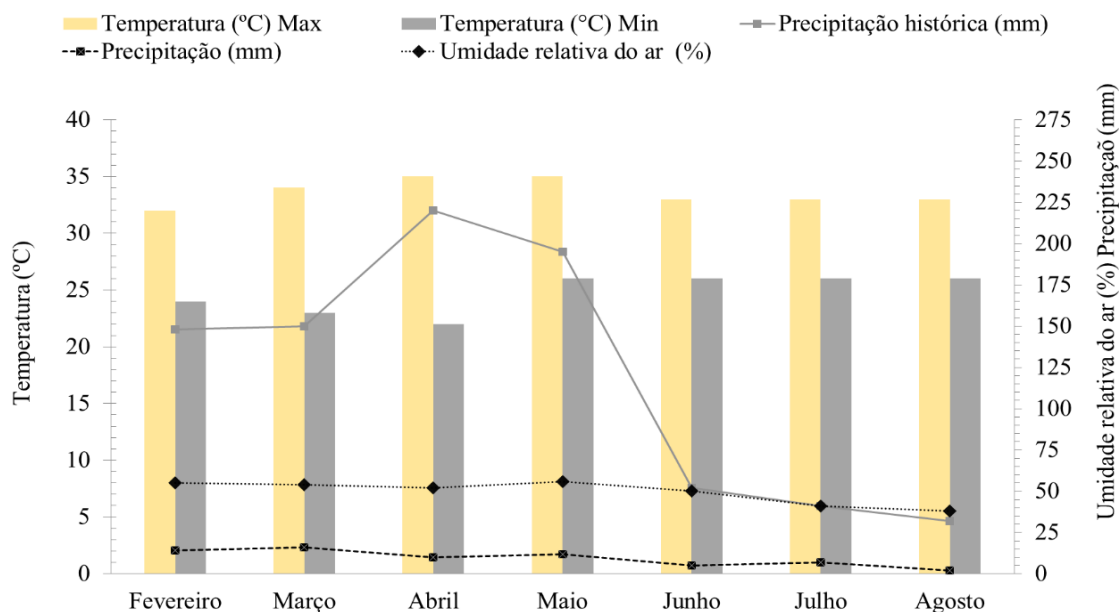


Figura 6 - Precipitação pluvial média mensal observada na Fazenda Bom Jesus-PI, entre fevereiro de 2022 e agosto de 2022. Fonte: INMET, 2022.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial duplo com um tratamento adicional $4 \times 4 + 1$. O primeiro fator é constituído por quatro espécies da família Poaceae (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu, *Panicum maximum* cultivar BRS Zuri, *Panicum maximum* cultivar Massai) junto com o milho (consórcio duplo).

O segundo fator foram 3 espécies da família Fabaceae (*Vigna unguiculata* (feijão-caupi), *Cajanus cajan* cultivar BRS Mandarin, *Crotalaria Spectabilis*) junto com o milho e as Poaceae (consórcio triplo). O tratamento adicional foi o milho SYN 422 vip solteiro (testemunha), totalizando 17 tratamentos combinados entre si conforme a tabela 1.

3.3 Semeadura e manejo da área

A adubação do sistema consistiu na aplicação de 75 kg ha^{-1} da fórmula $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ (00-14-31) a lanço no momento do plantio do milho e 50 kg ha^{-1} de sulfato de amônio 15 dias após a emergência (DAE) (Figura 7). Posteriormente, foi realizada uma adubação de cobertura com 50 kg ha^{-1} de sulfato de amônio e 75 kg ha^{-1} da mesma fórmula $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ (00-14-31).

As Poaceae foram semeadas a lanço imediatamente antes do plantio do milho, enquanto as Fabaceae foram plantadas em sulcos, com quatro linhas por parcela, espaçadas em 1,00 m

entre si e 0,25 m entre plantas. A densidade de semeadura das leguminosas foi ajustada para 25% da recomendação de cada espécie: 20 kg ha⁻¹ de *Vigna unguiculata* (feijão-caupi), 18 kg ha⁻¹ de *Cajanus cajan* (feijão-guandu, cultivar Mandarin) e 15 kg ha⁻¹ de *Crotalaria spectabilis*, a população do milho foi estabelecida em 60.000 plantas ha⁻¹.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos avaliados no experimento.

Tratamentos	Cultura Principal	Poaceae	Fabaceae
1	Milho		
2	Milho	<i>B. ruziziensis</i>	
3	Milho	<i>B. ruziziensis</i>	Feijão Caupi
4	Milho	<i>B. ruziziensis</i>	Guandu cv. Mandarin
5	Milho	<i>B. ruziziensis</i>	<i>Crotalaria spectabilis</i>
6	Milho	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	
7	Milho	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Feijão Caupi
8	Milho	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	Guandu cv. Mandarin
9	Milho	<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	<i>Crotalaria spectabilis</i>
10	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Zuri	
11	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Zuri	Feijão Caupi
12	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Zuri	Guandu cv. Mandarin
13	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Zuri	<i>Crotalaria spectabilis</i>
14	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Massai	
15	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Massai	Feijão Caupi
16	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Massai	Guandu cv. Mandarin
17	Milho	<i>P. maximum</i> cv. Massai	<i>Crotalaria spectabilis</i>



Figura 7 - Registro do experimento na fazenda Vô Desiderio, Bom Jesus-PI, entre fevereiro de 2022 e agosto de 2022. Fonte: Autor.

3.4 Variáveis analisadas

a) A produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}) foi determinada utilizando-se um quadro com dimensões de $0,50 \times 0,50 \text{ m}$ ($0,25 \text{ m}^2$). A coleta das plantas ocorreu em dois pontos distintos de cada parcela, nas entrelinhas da cultura do milho. As amostras coletadas foram levadas ao laboratório, onde foram secas em estufa de ventilação forçada, com temperatura média entre $60\text{-}70^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas, e a massa seca das plantas foi calculada e expressa em kg ha^{-1} .

b) O rendimento produtivo do milho foi avaliado no momento da colheita, por meio da coleta das espigas de 10 plantas em pontos previamente definidos na área útil de cada parcela. As seguintes parâmetros foram determinadas: a) número de arquipos por espiga, contados em 10 espigas; b) número de grãos por fileira, obtidos pela contagem de grãos em cada fileira de 10 espigas; c) número de grãos por espiga, calculado pela relação entre o número de grãos por espiga e o número de grãos por espiga em 10 espigas; d) massa de 100 grãos, determinada pela separação e pesagem de duas amostras de 100 grãos por parcela; e) produtividade, medida pelo peso total das espigas colhidas em cada parcela, com os dados transformados para sacas (60 kg) por hectare, corrigidos para 13% de umidade.

c) Teores de nutrientes: As amostras de tecido vegetal foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de abertura de 2 mm, e posteriormente submetidas a análises químicas para determinar os teores de macro e micronutrientes presentes na parte aérea das plantas, em seus respectivos órgãos. O teor de nitrogênio (N) foi quantificado pelo método de Kjeldahl. Os nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) foram extraídos da digestão nitroperclórica. O teor de P foi determinado por colorimetria, K por fotometria de chama, S por turbidimetria, e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, conforme os métodos descritos por Bataglia *et al.* (1983).

A concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas coberturas vegetais foi determinada após a avaliação da produção de massa seca da parte aérea, com a coleta de uma subamostra de aproximadamente 30 g de cada parcela. Os resultados foram expressos em g kg^{-1} para N, P e K. Os macronutrientes acumulados pelas coberturas vegetais foram calculados pelo produto da concentração dos nutrientes na amostra da parte aérea pela produção de massa seca da parcela. Os valores obtidos foram expressos em kg ha^{-1} para N, P e K.

3.5 Análise de dados

Os dados foram submetidos a ANOVA e ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade de distribuição dos erros. Com ocorrência de probabilidade pelo teste F a $p < 0,05$ as médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$.

Para comparar a média de cada tratamento com o tratamento adicional (milho solteiro) foi utilizado o teste de Dunnett. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o software R Core Team 8.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão os resultados dos atributos químicos do solo após a colheita de milho observa-se uma interação significativa entre o fator consórcio duplo (milho + Poaceae) e o fator consórcio triplo (milho + Poaceae + Fabaceae) para: carbono orgânico, potássio e alumínio. Os teores de carbono orgânico no solo foram semelhantes ao cultivo de milho solteiro na maioria dos tratamentos. A exceção foi o consórcio triplo de milho com *Panicum maximum* cv. Massai e *Crotalaria spectabilis*, onde os níveis de carbono foram significativamente maiores. Observa-se ainda que, os maiores teores de carbono orgânico foram observados quando as Fabaceae foram combinadas com milho e *Brachiaria ruziziensis* ou *Brachiaria brizantha* cv. Marandú.

Um estudo realizado por Freire *et al.* (2023) analisou a influência de diferentes consórcios de milho com Fabaceae na dinâmica do carbono orgânico do solo. Os resultados mostraram que o consórcio com crotalária e guandu resultou em um aumento significativo nos teores de carbono orgânico, o que pode ser atribuído à adição de biomassa de alta qualidade e ao efeito de cobertura do solo, que diminui a perda de matéria orgânica.

Giongo *et al.* (2020) relataram que sistemas de cultivo diversificados, incluindo consórcio de milho com Fabaceae e Poaceae, resultaram em uma melhoria significativa nos parâmetros de fertilidade do solo, incluindo o aumento do carbono orgânico e a disponibilidade de nutrientes como fósforo e potássio. Esse estudo também destaca o papel das Fabaceae na fixação biológica de nitrogênio, que contribui indiretamente para o acúmulo de matéria orgânica.

Na tabela 2 é possível observar que os consórcios de milho com plantas de cobertura influenciaram significativamente os teores de alumínio no solo. Enquanto os consórcios triplos com milho + *Panicum maximum* cv. Zuri + feijão caupi tendem a reduzir os teores de alumínio, beneficiando o crescimento das plantas, os consórcios milho + *B. ruziziensis* + Guandu cv. Mandarin elevam consideravelmente esses teores de alumínio, o que pode aumentar a toxicidade para as culturas.

Contudo deve-se considerar pouco tempo entre o processo de manejo das plantas de cobertura do solo e a coleta das amostras de solo, portanto, não houve tempo suficiente para o processo de decomposição. Collier *et al.* (2011) comparando atributos químicos do solo cultivado com milho consorciado com Fabaceae, salientou a capacidade que o feijão caupi tem em amenizar os efeitos da acidez, visto que o aumento do pH e a redução da acidez potencial somente foram verificados nos tratamentos onde essa espécie foi empregada.

O consórcio duplo ou triplo é eficaz na manutenção dos teores de potássio no solo, apresentando teores superiores ao milho cultivado sozinho, que registrou 82,55 mg dm⁻³. Destacam-se os consórcios triplo com *P. maximum* em que a combinação de milho com *P. maximum* cv. Massai + Guandu ou Crotalária apresentou os melhores resultados, com teores de potássio atingindo 159,75 mg dm⁻³ e 158,17 mg dm⁻³, respectivamente.

Similarmente, o consórcio com *P. maximum* cv. Zuri mostrou alta eficiência, alcançando 151,10 mg dm⁻³ de K com Feijão Caupi e 145,30 mg dm⁻³ de K com Guandu. Esses dados indicam que a combinação de plantas de cobertura é particularmente eficaz para a manutenção e aumento do teor de (Carvalho *et al.*, 2022) K no solo, superando significativamente o cultivo de milho sem consórcio.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do milho, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae. Bom Jesus-PI, 2022.

Carbono orgânico (g dm ⁻³)					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	Crotalária <i>spectabilis</i>
6,61	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	5,55aA	6,12aA	6,84aA	6,12bA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	5,30aA	6,15aA	6,84aA	5,50bA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	5,46aA	4,26bA	4,74bA	4,18bA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	5,80aB	4,45bB	4,45bB	9,15aA*
Alumínio (cmolc dm ⁻³)					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	Crotalária <i>spectabilis</i>
0,07	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	0,07aB	0,08aA	0,09aA*	0,08aA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	0,08aA	0,07bA	0,08bA	0,07aA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	0,08aA	0,05cB	0,06cB	0,07aA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	0,07aA	0,07bA	0,07cA	0,07aA
Potássio (mg dm ⁻³)					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	Crotalária <i>spectabilis</i>
82,55	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	90,03aB	118,92bA	122,76bA	121,92bA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	92,88aB	117,68bA	119,34bA	117,37bA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	97,35aB	151,10aA*	145,30aA*	138,27aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	119,86aB	117,62bB	159,75aA*	158,17AB*

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Calegari e Costa (2008) destacam que a combinação de Fabaceae e Poaceae pode melhorar a ciclagem de nutrientes, incluindo o K, no solo. Segundo os autores, a diversidade de plantas em consórcio contribui para uma melhor mobilização e retenção de nutrientes, como o K, devido às características distintas dos sistemas radiculares das espécies envolvidas.

As tabelas 3 e 4, apresentam os resultados dos atributos químicos do solo após a colheita do milho. Foi avaliada a relação entre cálcio (Ca) e magnésio (Mg), mas não foi encontrada interação significativa entre os fatores, portanto os consórcios foram avaliados de forma independente. A combinação com milho + *P. maximum* cv. Zuri ou Massai foram superiores aos demais tratamentos, e diferentes do milho solteiro. Ao avaliar o consórcio triplo com Fabaceae, todos os tratamentos foram iguais entre si e superiores ao milho solteiro e ao consórcio duplo.

Tabela 3 - Valores médios para relação cálcio/magnésio $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do milho, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae. Bom Jesus- Piauí 2022.

Tratamentos	Médias
Milho + <i>B. ruziziensis</i>	2,95b
Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	3,15b
Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	3,49a*
Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	3,28a*
Controle	2,49

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste de Scott-Knott. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Tabela 4 - Valores médios para relação cálcio/magnésio $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do feijão, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae. Bom Jesus- Piauí 2022.

Tratamentos	Médias
Feijão Caupi	3,28a*
Guandu cv. Mandarin	3,51a*
<i>Crotalaria spectabilis</i>	3,49a*
Sem leguminosa	2,60b
Controle	2,49

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0,05 de probabilidade no teste de Scott-Knott. * diferem significativamente do controle a 0,05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Na tabela 5, que apresenta os resultados do teor de fósforo após a colheita do milho, não foi constatada relação significativa entre os fatores. Apenas o consórcio triplo mostrou interação

significativa, indicando que as Fabaceae adicionaram mais P ao sistema quando comparado ao milho solteiro ou ao milho consorciado com Poaceae em cultivo duplo.

Tabela 5 - Valores médios para o teor de fósforo (P) mg dm^{-3} , na camada 0,0-0,2 m, após a colheita do milho, sob diferentes sistemas de cultivo com Poaceae e Fabaceae. Bom Jesus- Piauí 2022

Tratamentos	Médias
Feijão Caupi	77,03a*
Guandu cv. Mandarin	74,29a*
<i>Crotalária spectabilis</i>	81,53a*
Sem leguminosa	52,82b
Controle	48,83

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste de Scott-Knott. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Na tabela 6 encontram-se os teores de nutrientes na massa seca da parte aérea de plantas do consórcio. Observa-se uma interação significativa entre o fator consórcio duplo (milho + Poaceae) e o fator consórcio triplo (milho + Poaceae + Fabaceae) para os nutrientes: cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N) e enxofre (S).

O teor de cálcio não foi afetado pelo consórcio duplo, o contrário foi observado para o consórcio triplo que com exceção da combinação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, o teor de cálcio foi significativamente menor em todas as demais combinações como Feijão Caupi ($7,72 \text{ mg dm}^{-3}$) e Guandu ($7,72 \text{ mg dm}^{-3}$), em comparação ao milho solteiro ($15,42 \text{ mg/dm}^3$) e ao consórcio sem leguminosas ($14,85 \text{ mg dm}^{-3}$). Este resultado destaca que a combinação específica pode reduzir o teor de cálcio na matéria seca do sistema, sendo um ponto crítico a considerar em sistemas de consórcio para manejo de nutrientes. Isso pode ser explicado pelo fato de a *B. ruziziensis* ter uma maior demanda de cálcio em comparação com as outras Poaceae (Luo *et al.*, 2014).

De acordo com a literatura, o cálcio (Ca) é o terceiro nutriente mais extraído pelas Fabaceae, sendo que as folhas são os órgãos que apresentam maior concentração desse nutriente, enquanto os grãos apresentam os menores teores. Isso provavelmente ocorre devido a maiores taxas de transpiração nas folhas em comparação ao colmo, o que favorece a concentração de Ca nesses tecidos. Vale destacar que o cálcio possui baixa mobilidade no floema, o que justifica os baixos teores desse nutriente, especialmente nos órgãos reprodutivos (Luo *et al.*, 2014).

Tabela 6 - Teores de nutrientes (g kg⁻¹) obtidos na massa seca do conjunto milho em consórcio com Poaceae e/ou Fabaceae. Bom Jesus - PI, 2022.

Ca					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	14,40aA	15,07aA	15,12aA	16,50aA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	14,85aA	7,72cB*	7,72bB*	6,72cB*
15,42	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	15,00aA	6,87cC*	8,07bC*	9,67bB*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	15,37aA	9,15bB*	9,30bB*	9,15bB*
K					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	10,47aA	10,90cA	11,52cA	10,02aA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	10,70aB	15,65bA*	14,82bA*	13,80aA
10,72	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	11,25aA	14,50bA*	14,42bA*	15,45aB*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	11,05aB	18,60aA*	17,70aA*	16,97aA*
Mg					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	5,17aA	5,95aA	5,70aA	6,25aA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	5,45aA	4,92bA	4,62aA	4,27bA
5,80	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	5,95aA	4,12bB*	4,75aB*	4,17bB*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	5,80aA	4,62bB	3,95bB	4,95bB
N					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	48,97aA	50,40bA	50,50bA	49,12aA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	49,72aB	56,80aA*	55,70aA*	56,50aA*
48,40	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	50,00aB	56,77aA*	54,75aA*	54,97aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	48,87aC	51,60bB	53,92aA*	56,50aA*
S					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
3,10	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	3,20aA	3,20aB	2,80bB	2,75aB
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	3,17aA	2,87aB	3,15aA	2,65aB
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	2,82bA	2,90aA	2,65bA	2,65aA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	2,65bA	2,65bA	2,95aA	2,95aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

A tabela 6 mostra que o consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Massai, combinado com feijão-caupi, guandu e crotalária, comprovado nos maiores teores de potássio (K) na matéria seca da parte aérea das plantas, com valores de 18,60 mg dm⁻³, 17,70 mg dm⁻³ e 16,97 mg dm⁻³, respectivamente. Esses valores são significativamente mais altos do que os coletados no milho solteiro (10,72 mg dm⁻³) e no consórcio sem leguminosas (11,05 mg dm⁻³), redução que a combinação com *Panicum maximum* cv. Massai é particularmente eficaz para o acúmulo de K na parte aérea das plantas. Quanto ao enxofre (S) e magnésio (Mg), observa-se uma redução nos teores no sistema de consórcio triplo, com exceção da combinação de milho + *Brachiaria ruziziensis* + Fabaceae.

O consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Zuri, associado com Feijão Caupi, Guandu, e Crotalária, resultou nos maiores teores de nitrogênio (N) na matéria seca da parte aérea das plantas. Os valores variaram de 54,75 g dm³ a 56,80 g dm³, todos significativamente superior ao observado no milho solteiro (48,40 g dm³). Em particular, o consórcio de milho com *B. brizantha* cv. Marandu e Feijão Caupi apresentou o maior teor de nitrogênio, destacando-se como o mais eficiente na acumulação de nitrogênio na parte aérea das plantas.

Comparando os consórcios triplos com o consórcio duplo, observou-se que os teores de nutrientes foram maiores quando uma Fabaceae foi adicionada. Isso pode ser explicado pela maior demanda por nitrogênio por parte das leguminosas. Durante o período vegetativo, há uma alta concentração de N nas folhas das Fabaceae, seguida por uma diluição durante o período reprodutivo. Posteriormente, ocorre a translocação deste nutriente para a formação do colmo e das ramificações, evidenciando a mobilidade do nitrogênio na planta e seu papel na constituição de novos órgãos através da divisão celular e formação de tecidos (Luo *et al.*, 2014).

Em relação ao teor de fósforo (P), não foi encontrada interação significativa entre os fatores, os valores estão expressos nas tabelas 7 e 8. Analisando os fatores isoladamente, o consórcio duplo com *P. maximum*, especialmente as variedades Massai e Zuri, são mais eficazes na absorção e acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas. Já observando o consórcio triplo, valores significativamente superiores são encontrados destacando a eficiência das leguminosas na melhoria da absorção de fósforo pelas plantas.

Tabela 7 - Teores de fósforo (P) foliar (g kg^{-1}) obtidos na massa seca de milho + consórcio com Poaceae e/ou Fabaceae. Bom Jesus - PI, 2022.

P	
Tratamentos	Médias
Milho + <i>B. ruziziensis</i>	3,39b
Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	3,76a
Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	3,80a*
Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	3,83a*
Controle	3,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste de Scott-Knott. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Tabela 8 - Teores de fósforo (P) foliar (g kg^{-1}) obtidos na massa seca de milho + consórcio com Poaceae e/ou Fabaceae. Bom Jesus - PI, 2022.

P	
Tratamentos	Médias
Feijão Caupi	3,81a*
Guandu cv. Mandarin	3,91a*
<i>Crotalaria spectabilis</i>	3,77a*
Sem Fabaceae	3,29b
Controle	3,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste de Scott-Knott. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Na tabela 9 encontram-se os valores de teores de nutrientes na massa seca de plantas de milho. Observa-se uma interação significativa entre o fator A (milho + Poaceae) e o fator B (milho + Fabaceae + Poaceae) para os nutrientes: cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S).

Para o teor de magnésio todos os tratamentos, exceto o consórcio duplo de Milho + *B. ruziziensis* e Milho + *P. maximum* cv. Massai, e o consórcio triplo de Milho + *B. ruziziensis* com Feijão Caupi, apresentaram teores de magnésio superiores ao milho solteiro. Isso difere dos resultados de Collier *et al.* (2011), que não encontraram diferenças significativas nos teores de magnésio foliar em milho consorciado com Fabaceae e Poaceae.

Os tratamentos avaliados apresentaram maior teor de nitrogênio (N) em comparação ao cultivo isolado de milho, conforme demonstrado na tabela 9. Resultados similares foram obtidos por Arf *et al.* (2018), que verificaram que, no primeiro ano, o teor de N no sistema milho consorciado com feijão-de-porco foi superior ao do milho solteiro. No segundo ano, os

consórcios com *C. spectabilis*, guandu e feijão-de-porco continuaram a apresentar maiores teores de N em relação ao cultivo exclusivo do milho.

Tabela 9 - Teores de nutrientes (g kg⁻¹) obtidos na massa seca de folhas de milho cultivado em consórcio com Poaceae e/ou Fabaceae. Bom Jesus - PI, 2022.

		Mg			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalária spectabilis</i>
1,47	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	1,22bB	1,27cB	3,97bA*	4,37aA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	4,60aA*	4,55bA*	4,75aA*	4,42aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	4,70aA*	4,25bA*	4,27bA*	4,32aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	1,47bC	5,10aA*	3,82bB*	4,62aA*
		N			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalária spectabilis</i>
30,01	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	32,12bB	45,58aA*	42,45aA	39,10bA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	38,19bB	35,97bB	45,27aA*	48,82aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	41,94aB	40,95bB	49,04aA*	36,83bB
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	47,78aA*	46,46aA*	47,19aA*	42,91bA*
		P			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalária spectabilis</i>
3,15	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	3,30bB	3,30bB	3,97aA*	3,92aA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	3,87aA*	3,65bA	4,05aA*	3,97aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	4,07aA*	3,80bA*	4,00aA*	3,85aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	3,20bB	4,40aA*	4,07aA*	4,20aA*
		S			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalária spectabilis</i>
1,50	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	1,67bB	1,67bB	2,57bA*	2,80aA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	2,70aA*	2,67aA*	3,00aA*	2,97aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	2,87aA*	2,70aA*	2,92aA*	2,50aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	1,64bC	2,85aA	2,42bB	2,87aA*
		Ca			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalária spectabilis</i>
2,07	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	1,90bB	1,92dB	9,45aA*	9,52aA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	9,12aA*	8,95bA*	7,65bB*	7,37bB*

	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	9,07aA*	6,75cB*	7,22bB*	10,20aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	2,37bC	13,27aA*	9,87aB*	11,75aB*
K					
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalária spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	20,90aA	20,98aA	15,15aB*	15,40aB*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	18,32bA*	15,75bB*	15,27aB*	14,50aB*
22,10	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	17,92bA*	13,62bB*	14,85aB*	14,37aB*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	22,60aA	15,97bC*	13,15aC*	15,20aC*

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett

De acordo com Oliveira *et al.* (2010), os resíduos provenientes do consórcio do milho com Fabaceae apresentaram teores mais elevados de N, especialmente em condições de fornecimento deficitário de N em cobertura. De maneira semelhante, Almeida e Câmara (2011) observaram que o milho solteiro foi o único tratamento a apresentar menor acúmulo de N em comparação aos sistemas consorciados com leguminosas. No entanto, vale ressaltar que, conforme indicado por Malavolta *et al.* (1997), o teor de N no milho solteiro permaneceu dentro da faixa ideal para a cultura (27,5 a 32,5 g kg⁻¹).

O teor de fósforo na planta de milho foi maior quando consorciado. Destaca-se o consórcio de milho + *Panicum maximum* cv. Massai com Feijão Caupi ou Guandu ou Crotalária, que resultaram nos maiores teores de fósforo na matéria seca da parte aérea, superando significativamente o milho solteiro. Os resultados obtidos corroboram parcialmente com os de Heinrichs *et al.* (2002), que não encontraram diferenças significativas nos teores foliares de P no milho consorciado com leguminosas no primeiro ano de cultivo, mas observaram respostas diferenciadas no segundo ano.

Os teores de enxofre e cálcio nas plantas de milho foram maiores quando este foi cultivado em consórcio, já o inverso foi observado para o potássio em que todos os tratamentos apresentaram teores menores que o milho solteiro, que se manteve dentro do nível de suficiência indicado de 15 a 30 g kg⁻¹, conforme Malavolta *et al.* (1997).

Este resultado é oposto aos obtidos por Almeida e Camara (2011), que mostraram que o fósforo e o potássio acumulados na parte aérea de milho quando consorciado com feijão-deporco apresentaram valores mais altos, e que o tratamento com milho + guandu foi semelhante ao milho solteiro.

Os achados deste estudo são compatíveis com os resultados de Queiroz *et al.* (2008), que, no primeiro ciclo, verificaram que o consórcio com aléias de guandu, canafístula e leucena teve um impacto positivo no teor foliar de potássio (K) no milho. As folhas das plantas consorciadas apresentaram teores médios de K estatisticamente similares aos observados no milho solteiro adubado com NPK. Esse efeito pode ser atribuído à capacidade das espécies consorciadas de reciclar K de camadas mais profundas do solo, onde as raízes do milho não conseguem alcançar, tornando esse nutriente disponível para a cultura.

No entanto, no segundo ciclo de cultivo, não foi constatada influência significativa dos tratamentos sobre os teores foliares de K no milho. Aparentemente, o potássio liberado pela palhada do milho do primeiro ciclo foi suficiente para suprir a demanda da cultura, reduzindo o efeito das Fabaceae no segundo ciclo. Resultados semelhantes foram observados por Heinrichs *et al.* (2002), que constataram a ausência de diferença nos teores foliares de K entre os tratamentos de milho consorciado com leguminosas e a testemunha sem Fabaceae ao longo de dois anos de avaliação.

De acordo com Oliveira *et al.* (2010), os resíduos provenientes do consórcio do milho com Fabaceae apresentaram teores mais elevados de N, especialmente em condições de fornecimento deficitário de N em cobertura. De maneira semelhante, Almeida e Câmara (2011) observaram que o milho solteiro foi o único tratamento a apresentar menor acúmulo de N em comparação aos sistemas consorciados com leguminosas. No entanto, vale ressaltar que, conforme indicado por Malavolta *et al.* (1997), o teor de N no milho solteiro permaneceu dentro da faixa ideal para a cultura (27,5 a 32,5 g kg⁻¹).

O teor de fósforo na planta de milho foi maior quando consorciado. Destaca-se o consórcio de milho + *Panicum maximum* cv. Massai com Feijão Caupi ou Guandu ou Crotalária, que resultaram nos maiores teores de fósforo na matéria seca da parte aérea, superando significativamente o milho solteiro. Os resultados obtidos corroboram parcialmente com os de Heinrichs *et al.* (2002), que não encontraram diferenças significativas nos teores foliares de P no milho consorciado com leguminosas no primeiro ano de cultivo, mas observaram respostas diferenciadas no segundo ano.

Os teores de enxofre e cálcio nas plantas de milho foram maiores quando este foi cultivado em consórcio, já o inverso foi observado para o potássio em que todos os tratamentos apresentaram teores menores que o milho solteiro, que se manteve dentro do nível de suficiência indicado de 15 a 30 g kg⁻¹, conforme Malavolta *et al.* (1997).

Este resultado é oposto aos obtidos por Almeida e Camara (2011), que mostraram que o fósforo e o potássio acumulados na parte aérea de milho quando consorciado com feijão-de-

porco apresentaram valores mais altos, e que o tratamento com milho + guandu foi semelhante ao milho solteiro.

Os achados deste estudo são compatíveis com os resultados de Queiroz *et al.* (2008), que, no primeiro ciclo, verificaram que o consórcio com aléias de guandu, canafístula e leucena teve um impacto positivo no teor foliar de potássio (K) no milho. As folhas das plantas consorciadas apresentaram teores médios de K estatisticamente similares aos observados no milho solteiro adubado com NPK. Esse efeito pode ser atribuído à capacidade das espécies consorciadas de reciclar K de camadas mais profundas do solo, onde as raízes do milho não conseguem alcançar, tornando esse nutriente disponível para a cultura.

No entanto, no segundo ciclo de cultivo, não foi constatada influência significativa dos tratamentos sobre os teores foliares de K no milho. Aparentemente, o potássio liberado pela palhada do milho do primeiro ciclo foi suficiente para suprir a demanda da cultura, reduzindo o efeito das Fabaceae no segundo ciclo. Resultados semelhantes foram observados por Heinrichs *et al.* (2002), que constataram a ausência de diferença nos teores foliares de K entre os tratamentos de milho consorciado com leguminosas e a testemunha sem Fabaceae ao longo de dois anos de avaliação.

A produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}) foi superior em todos os tratamentos em comparação ao cultivo isolado do milho, conforme ilustrado na figura 8. Resultados similares foram relatados por Arf *et al.* (2018), que observaram menor acúmulo de massa seca total no milho solteiro, enquanto os sistemas consorciados apresentaram maior produção. Esse efeito positivo foi atribuído à presença das plantas consorciadas, que influenciaram significativamente a biomassa total, variando de $11,27 \text{ t ha}^{-1}$ a $13,68 \text{ t ha}^{-1}$. Em média, os consórcios promoveram um incremento de 45% na massa seca total no primeiro ano e de 69% no segundo ano.

Resultados compatíveis foram encontrados por Almeida e Câmara (2011), que, ao analisarem cultivos de milho solteiro e consorciado com leguminosas, verificaram que o maior acúmulo de massa seca ocorreu no consórcio milho + feijão-de-porco, seguido pelo sistema milho + mucuna-preta. Já o consórcio milho + guandu e o milho solteiro apresentaram os menores valores de massa seca.

Collier *et al.* (2011), em outro estudo, observaram que a produtividade de matéria seca do feijão-de-porco em cultivo solteiro foi de $6.638,83 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto no consórcio com milho esse valor foi reduzido para $980,83 \text{ kg ha}^{-1}$, sugerindo a ocorrência de competição entre as espécies. No entanto, ao avaliar essa produtividade por meio do Índice de Equivalência de Área (IEA), constatou-se um efeito benéfico do consórcio, com produtividade 36% superior à média dos cultivos isolados. Esses resultados indicam que, apesar da menor produção individual de

matéria seca no sistema consorciado, a combinação das culturas foi mais eficiente, superando todos os tratamentos isolados.

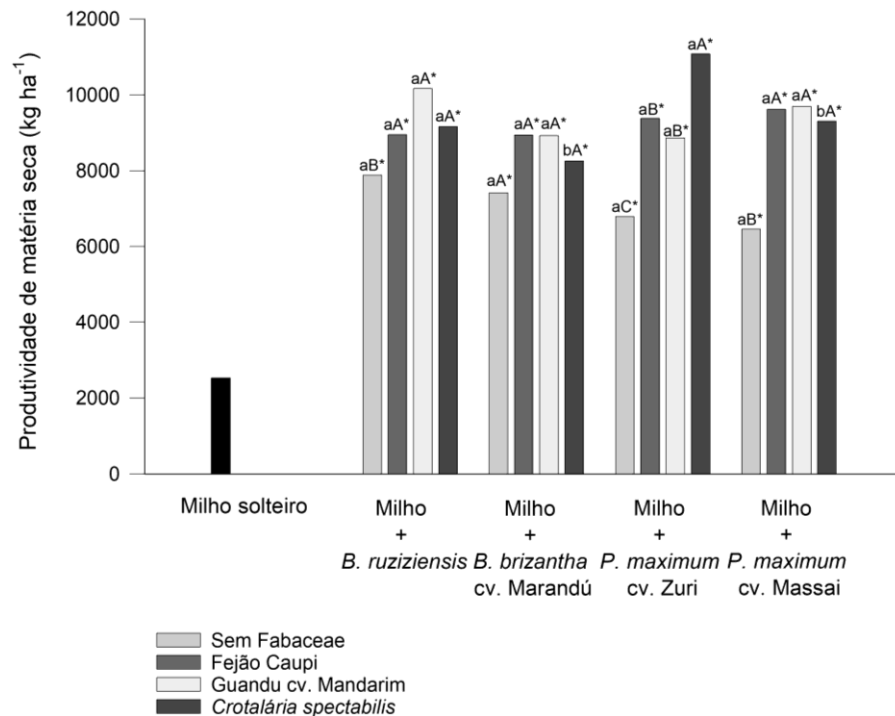


Figura 8 - Produtividade de matéria seca em (kg ha^{-1}) de consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

A análise dos macronutrientes acumulados na fitomassa total dos tratamentos (Figuras 9, 10 e 11) indica que os consórcios apresentaram maior acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na matéria seca da parte aérea em comparação ao milho solteiro. Esse resultado pode ser atribuído à maior produtividade de fitomassa aérea proporcionada por cada espécie no sistema consorciado.

Dentre os tratamentos avaliados, apenas o milho em cultivo solteiro apresentou menor acúmulo de nitrogênio, enquanto os demais sistemas, independentemente da forma de consórcio, acumularam mais de $122,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Esses achados destacam a eficiência das leguminosas, tanto na fixação biológica de nitrogênio quanto na produção de fitomassa, contribuindo para uma maior ciclagem e disponibilidade de nutrientes no sistema agrícola. Almeida e Câmara (2011) destacam o elevado potencial das leguminosas na fixação biológica do nitrogênio atmosférico, especialmente quando cultivadas em consórcio com gramíneas, que

apresentam alta demanda por nitrogênio do solo. Arf *et al.* (2018) também observaram que o acúmulo de fósforo (P) foi superior na maioria dos sistemas consorciados, embora não tenha apresentado diferença estatística em relação ao cultivo solteiro de feijão-de-porco.

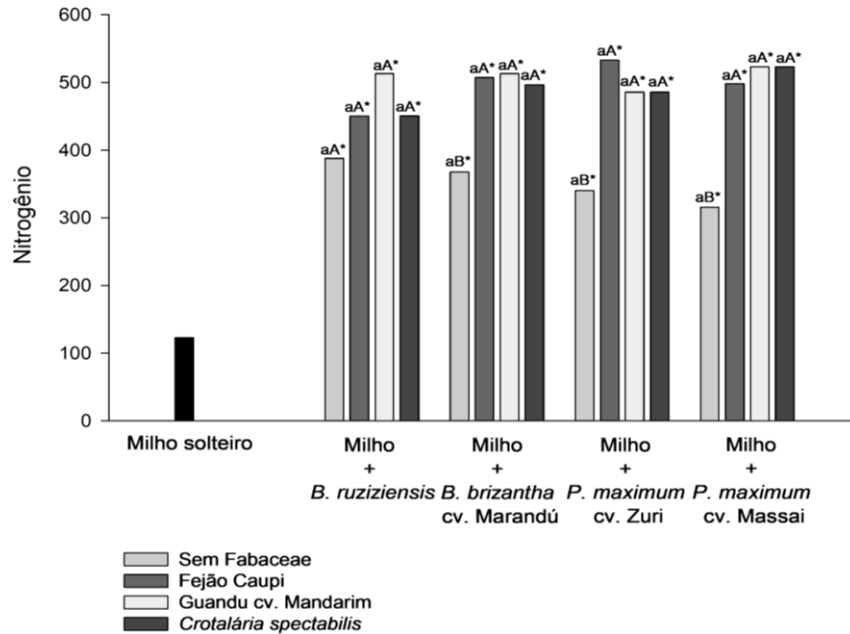


Figura 9 - Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

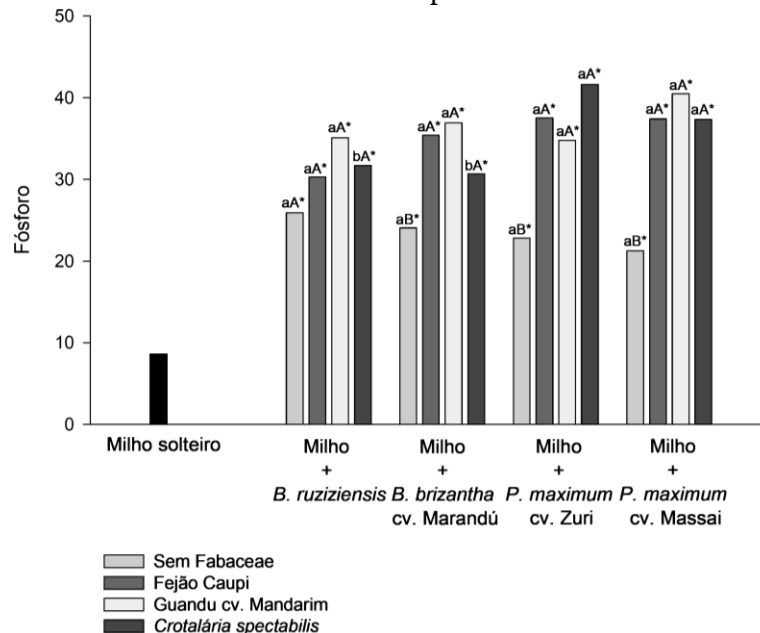


Figura 10 - Acúmulo de fósforo (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

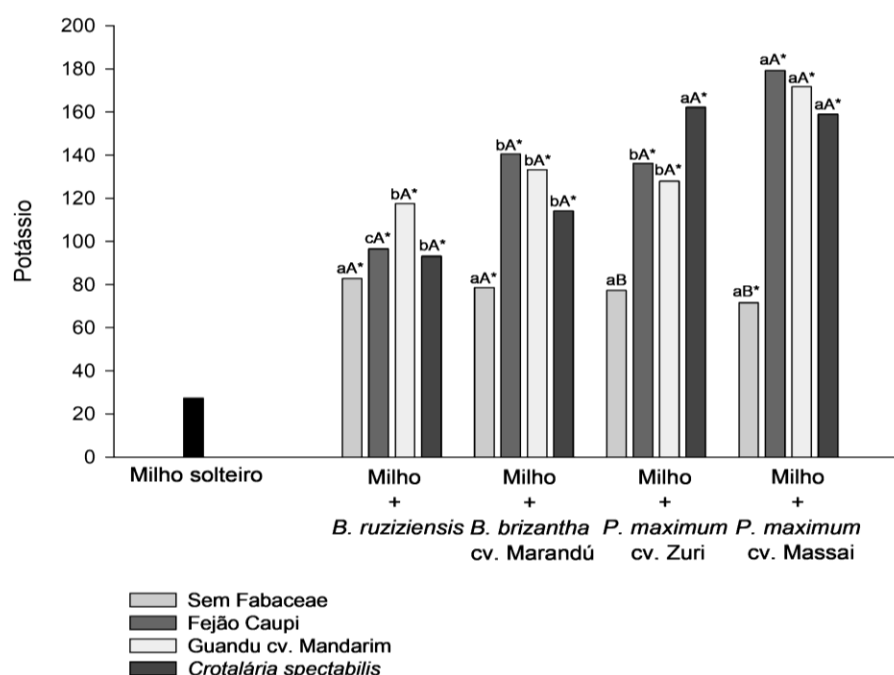


Figura 11 - Acúmulo de potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Esse resultado pode estar relacionado à associação dessas espécies com fungos micorrízico-arbusculares, que favorecem uma maior exploração do solo pelo sistema radicular, promovendo a absorção de nutrientes de baixa mobilidade, como o fósforo. De maneira semelhante, Espindola *et al.* (1997) verificaram elevados teores de N, P e K acumulados nas raízes e na parte aérea do feijão-de-porco, feijão-guandu e mucuna-preta, atribuindo esse fenômeno à alta taxa de colonização micorrízica nas raízes dessas leguminosas.

A produtividade do milho (Figura 12) foi otimizada nos sistemas de consórcio que incluíram *Panicum maximum* cv. Zuri e *Crotalaria spectabilis*, destacando-se com uma produtividade de $99,43 \text{ sc ha}^{-1}$, o maior valor observado. Outros consórcios, como os que utilizam *P. maximum* cv. Massai e *Brachiaria ruziziensis*, também mostraram aumentos em produtividade em relação ao milho solteiro. No entanto, o consórcio com *Brachiaria brizantha* cv. Marandú apresentou as menores produtividades, sugerindo que a escolha das gramíneas e leguminosas é importante para maximizar os rendimentos do milho.

Comparando os resultados de massa seca com a produtividade, observa-se que o consórcio triplo com milho + *P. maximum* cv. Zuri + *Crotalaria spectabilis* foi o mais expressivo em ambas as variáveis. Os resultados de produtividade obtidos neste estudo diferem

dos encontrados por Castro *et al.* (2011), que observaram maior produtividade no milho solteiro em comparação ao cultivo consorciado com espécies da família Fabaceae. De forma semelhante, Richart *et al.* (2010) verificaram que, considerando a média de dois anos de cultivo, os consórcios reduziram a produtividade de grãos de milho em 11,2%. Analisando individualmente, as reduções foram de 10,0%, 11,3%, 14,5% e 9,0% nos consórcios com *C. spectabilis*, guandu, feijão-de-porco e *U. ruziziensis*, respectivamente.

Por outro lado, Gerlach *et al.* (2014), ao avaliar o consórcio de adubos verdes (*Crotalaria spectabilis*, guandu e estilosantes), semeados simultaneamente ao milho ou na fase de 4 a 5 folhas desdobradas, concluiu que a associação entre essas espécies não interferiu nos componentes de produção nem na produtividade da cultura, independentemente da época de semeadura.

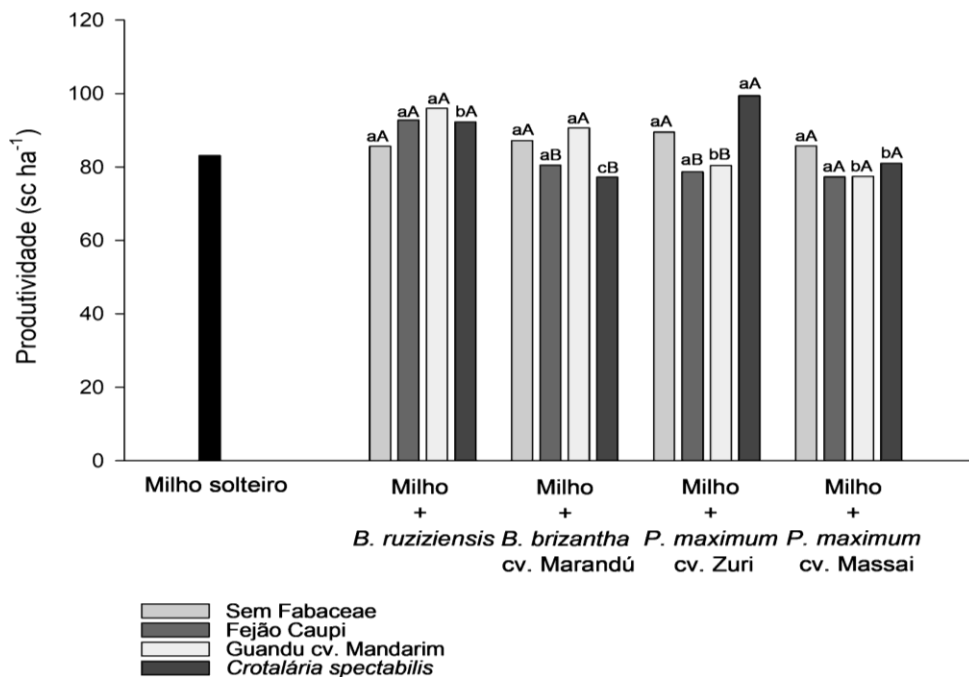


Figura 12 - Produtividade de milho (sc ha^{-1}) cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

O número de fileiras por espiga de milho (Figura 13) foi otimizado nos consórcios que incluíram *Panicum maximum* cv. Zuri, com um valor de 15,93 fileiras, o mais alto entre todos os tratamentos. Outros consórcios, como os com *P. maximum* cv. Massai e *Brachiaria ruziziensis* com *Crotalaria spectabilis*, também apresentaram aumentos em relação ao milho solteiro.

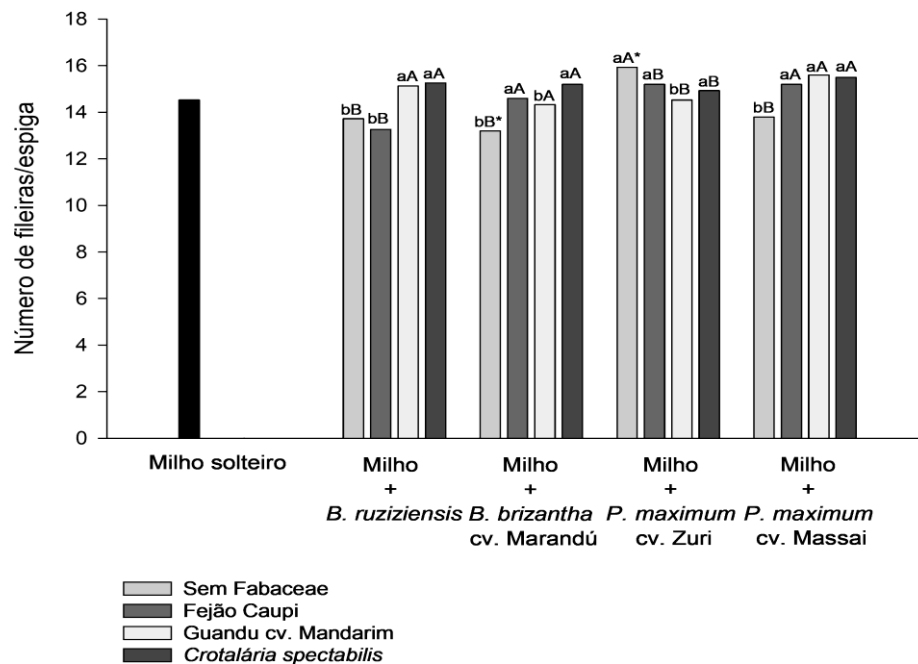


Figura 13 - Número de fileiras/ espigas de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

O número de grãos por fileira (Figura 14) foi significativamente maior no consórcio com *Panicum maximum* cv. Massai e Guandu cv. Mandarin, alcançando 29,33 grãos por fileira. Outros consórcios, como o com *Brachiaria ruziziensis* e Feijão Caupi, também mostraram aumentos em relação ao milho solteiro, com 26,26 grãos por fileira. Em contraste, consórcios com *Panicum maximum* cv. Zuri apresentaram os menores números de grãos por fileira.

A quantidade de grãos por espiga (Figura 15) foi significativamente maior nos consórcios que incluíram *Panicum maximum* cv. Massai, com o máximo de 446,20 grãos associado ao Guandu cv. Mandarin. Outros consórcios, como os que utilizaram *Brachiaria ruziziensis*, também apresentaram aumentos em relação ao milho solteiro, mas não alcançaram o nível de produtividade do consórcio com *P. maximum* cv. Massai. Os consórcios com *Panicum maximum* cv. Zuri e *Brachiaria brizantha* cv. Marandú mostraram valores intermediários.

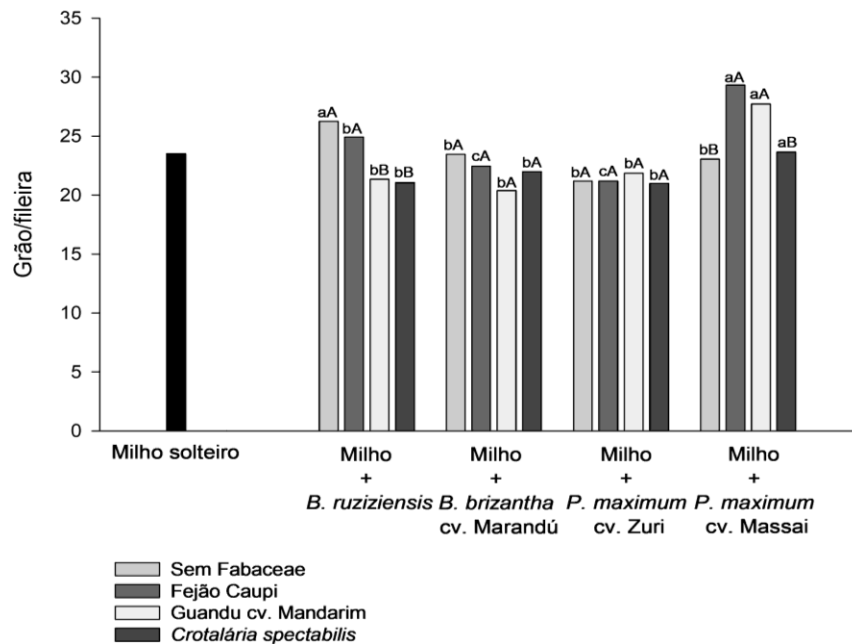


Figura 14 - Número de grãos/fileira de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

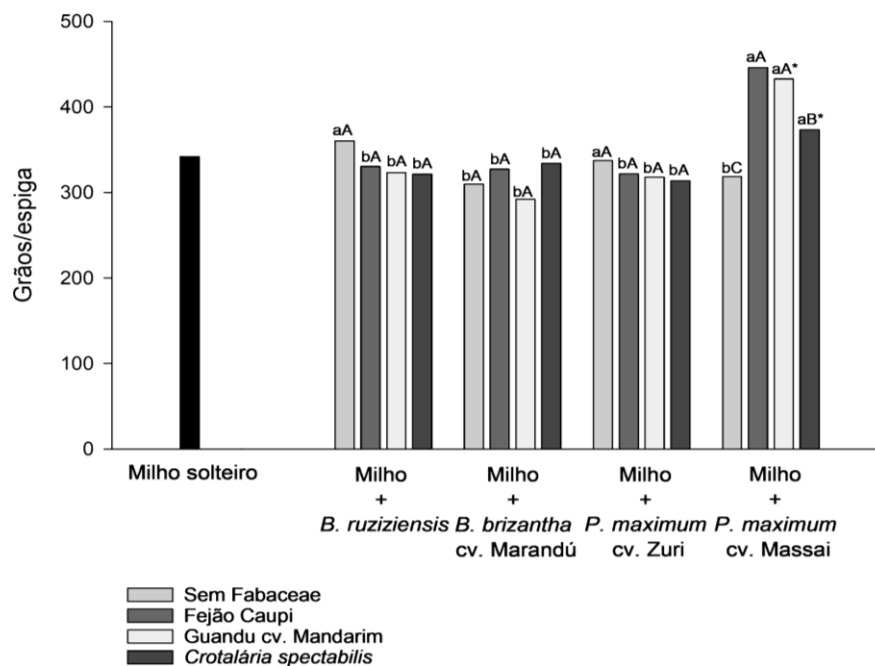


Figura 15 - Número de grãos/espiga de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

O peso de mil sementes (Figura 16) foi otimizado em consórcios que incluíram *Crotalária spectabilis* e Guandu cv. Mandarin, apresentando o maior valor de 0,29 kg com *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Outras combinações também mostraram melhorias, especialmente com *Panicum maximum* cv. Zuri, que alcançou 0,28 kg com *Crotalária*. Em contraste, o consórcio com *Panicum maximum* cv. Massai teve os menores valores de PMS, indicando que a escolha adequada das espécies pode influenciar positivamente o peso das espigas de milho.

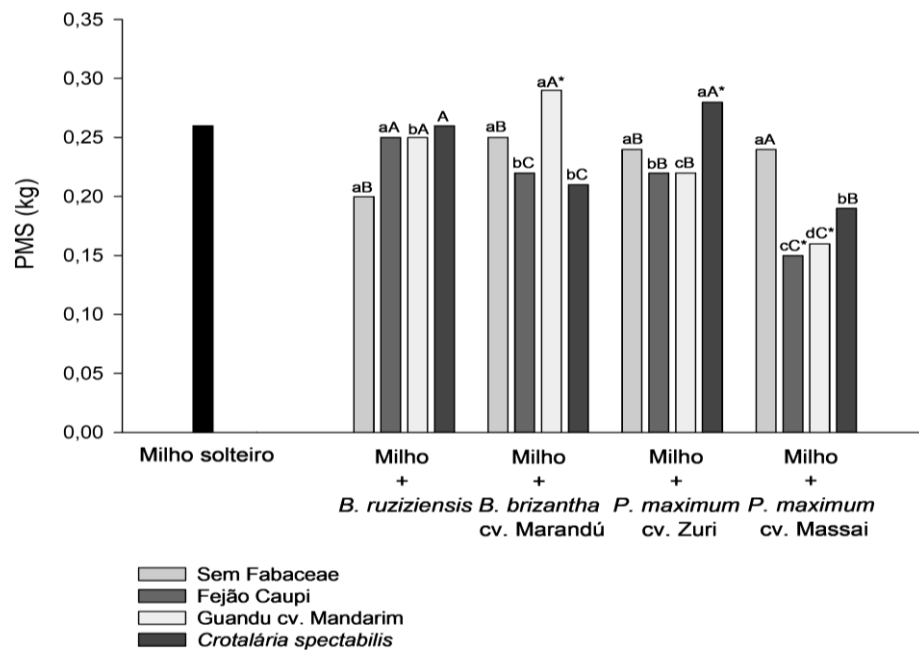


Figura 16 - Número de peso de mil sementes de milho cultivado em consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

5 CONCLUSÃO

O cultivo de milho em consórcio com plantas de cobertura das famílias Poaceae e Fabaceae melhorou a qualidade do solo, aumentando os teores de Carbono Orgânico Total (COT) nas camadas de 0,0 a 0,20 m. Os consórcios duplos e triplos de milho tiveram maior produção de massa seca em comparação ao milho solteiro. A adição de espécies da família Fabaceae favoreceu o acúmulo de nitrogênio nas plantas consorciadas, enquanto o acúmulo de fósforo e potássio foi superior em sistemas de consórcio em relação ao milho solteiro. A produção do milho foi otimizada em consórcios que incluíram *Panicum maximum* cv Zuri e *Crotalaria spectabilis*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 55-62, 2011.
- ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 379-388.
- ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; PORTUGAL, J. R.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 431-444, 2018.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soja em sistema Integração Lavoura-Pecuária. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (eds.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, Sistemas de Produção. 2020. p 119-131.
- BARROS, J. F. C.; CALADO J. G. **A cultura do milho**. Universidade de Évora, Escola de Ciências e tecnologia, FIT. 2014. 52 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/10804>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- 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, 1983. 48 p.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas para a saúde do solo. In PEIXOTO, C. P. (org.). **Plantas de Cobertura e Manejo do Solo**. 1. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2020. cap. 2, p. 45-82.
- CALEGARI, A.; HARKALY, A. S.; LANTMANN, A. F.; TAVARES FILHO, J.; CASÃO JUNIOR, R. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009.
- CAMPOREZI, J. S. **Composição química e morfológica de pastos safrinha na integração lavoura-pecuária**. 2022. 52 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2022.
- CARVALHO, M. L.; VANOLLI, B. S.; SCHIEBELBEIN, B. E.; BORBA, D. A.; LUZ, F. B.; CARDOSO, G. M.; BORTOLO, L. S.; MAROSTICA, M. E. M.; SOUZA, V. S. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP. 2022. 126 p.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Soil physical properties in croprotation systems as affected by liming materials. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1690-1698, 2011.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; DE SOUSA, S. A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira Tropical**, v. 41, p. 306-313, 2011.

CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2022/23**. 12º Levantamento. Brasília: Conab, 2023.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011.

DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 2, p. 287-293, 2001.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 321-328, 1997.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; PANISSON, F. T. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Plantio Direto. In: (Livro Eletrônico). **Sistema plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2022. p. 245-257.

FREIRE, T. M.; RAMOS, M. R.; SANTOS, D. M. A.; CAMPOS, L.S. Atributos físicos e biológicos do solo em sistemas consorciados. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 9, p. e023011, 2023.

GERLACH, G. A. X.; ARF, O.; CORSINI, D. C.; SILVA, J. C.; COLETTI, A. J. Análise econômica do cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema plantio direto após coberturas vegetais e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 1, p. 1-15, 2014.

GIONGO, V.; COLEMAN, K.; SANTANA, M. S.; SALVIANO, A. M.; OLSZVESKI, N.; SILVA, D. J.; CUNHA, T. J. F.; PARENTE, A.; WHITMORE, A. P.; RICHTER, G. M. Optimizing multifunctional agroecosystems in irrigated dryland agriculture to restore soil carbon – Experiments and modelling. **Science of the Total Environment**, v. 725, e138074, 2020.

HEINRICHS R, VITTI G. C, MOREIRA A; FANCELLI A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 225-230, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo->

agropecuario.html. Acesso em: 10/08/2024.

KERMAH, M.; FRANKE, A. C.; ADJEI-NSIAH, S.; AHIABOR, B. D. K.; ABAIDOO, R. C.; GILLER, K. E. Maize-grain legume intercropping for enhanced resource use efficiency and crop productivity in the Guinea savanna of northern Ghana. **Field Crops Research**, v. 213, p. 38-50, 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1936.

KUMAR, R.; MAHAJAN, G.; SRIVASTAVA, S.; SINHA, A. Green manuring: a boon for sustainable agriculture and pest management: a review. **Agricultural Review**, v. 35, n. 3, p. 196-206, 2014.

LAURINDO, M. C. D. O.; NÓBREGA, L. H. P.; PEREIRA, J. O.; MELO, D.; LAURINDO, E. L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, p. 367-374, 2009.

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.

LIMA, L. B.; PETTER, F. A.; LEANDRO, W. M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1064-1071, 2015.

LUO, L., PAN, S., LIU, X., WANG, H., & XU, G. Nitrogen deficiency inhibits cell division-determined elongation, but not initiation, of rice tiller buds. *Israel Journal of Plant Sciences*, 64(3-4), 32-40, 2017 <https://doi.org/10.1080/07929978.2016.1275367>.

MAGALHÃES P. C.; SOUZA T. C. **Cultivo do milho - Ecofisiologia**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. de M.; CASTRO, C. R. T.; SOUZA SOBRINHO, F.; CARVALHO, C. A. B. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011. DOI: 10.1590/S1516-35982011000200006.

MHLANGA, B.; CHEESMAN, S.; MAASDORP, B.; MUPANGWA, W.; MUNYORO, C.; SITHOLE, C.; THIERFELDEER, C. Effects of relay cover crop planting date on their biomass and maize productivity in a sub-humid region of Zimbabwe under conservation agriculture. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 78, p. 93-101, 2016.

OLIVEIRA, I. P.; BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; KLUTHCOUSKI, J. **Sistema Barreirão: recuperação e renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 875- 882, 2011.

PATEL, S.; DHILLON, N. K. Evaluation of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) as green manure /amendment and its biomass content on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in

successive crop brinjal. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 6, p. 716-720, 2017.

RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M. H.; RODRIGUES, C. M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.

SEIDEL, E. P.; MATTIA, V.; MATTEI, E.; CORBARI, F. Produção de Matéria Seca e Propriedades Físicas do Solo na Consorciação Milho e Braquiária. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, p. 18-24, 2015.

SILVA, P. L. F.; OLIVEIRA, F. P.; PEREIRA, W. E.; MARTINS, A. F.; ZONTA, J. H.; AMARAL, A. J.; TAVARES, D. D.; SILVA, A. J. Qualidade física de solo arenoso em ambiente semiárido sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 4, p. 598-616, 2021.

TAKASU, A. **Manejo do solo e consórcio de gramíneas ou leguminosas no desenvolvimento e produtividade do milho primeira safra e feijão de inverno em sucessão no Sistema Plantio Direto no Cerrado**. 2021. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (UDSA). **Grain: world markets and trade**. Washington: USDA/Foreign Agricultural Service, 2022. Disponível em: Acessar relatório. Acesso em: 10 ago. 2024.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Produtividade de matéria seca em (kg ha⁻¹) de consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae.

Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
2535	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	7885aB*	8950aA*	10166aA*	9165aA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	7420aA*	8944aA*	8930aA*	8257bA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	6792aC*	9386aB*	8867aB*	11083aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	6460aB*	9620aA*	9702aA*	9303bA*

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Apêndice 2 - Acúmulo de macronutrientes em matéria seca em (kg ha⁻¹) de consórcio duplo e triplo com milho, Poaceae e Fabaceae.

		K			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
27,42	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	82,82aA*	96,66cA*	117,54bA*	93,29bA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	78,69aB*	140,56bA*	133,33bA*	114,16bA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	77,36aB	136,31bA*	128,01bA*	162,31aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	71,59aB*	179,31aA*	171,78aA*	159,14aA*

		P			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
8,62	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	25,92aA*	30,30aA*	35,10aA*	31,72bA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	24,08aB*	35,42aA*	36,92aA*	30,71bA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	22,83aB*	37,55aA*	34,80aA*	41,63aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	21,29aB*	37,42aA*	40,50aA*	37,35aA*

		N			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
122,79	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	388,04aA*	450,61aA*	513,28aA*	451,05aA*
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	367,83aB*	507,36aA*	513,35aA*	496,76aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	340,14aB*	533,08aA*	485,90aA*	485,90aA*
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	315,82aB*	498,19aA*	523,28aA*	523,28aA*

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.

Apêndice 3 - Componentes produtivos de milho em consórcio duplo e triplo com Poaceae e Fabaceae.

		Produtividade (sc ha ⁻¹)			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	85,68aA	92,77aA	96,04aA	92,31bA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	87,19aA	80,53aB	90,69aA	77,29cB
83,15	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	89,54aA	78,70aB	80,46bB	99,43aA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	85,76aA	77,36aA	77,48bA	80,99bA
		Número de fileiras/espiga			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	13,73bB	13,26bB	15,13aA	15,26aA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	13,20bB	14,60aA	14,33bA	15,20aA
14,53	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	15,93aA*	15,20aB	14,53bB	14,93aB
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	13,80bB	15,20aA	15,60aA	15,50aA
		Grão/fileira			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	26,26aA	24,93bA	21,36bB	21,06bB
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	23,46bA	22,46cA	20,40bA	22,00bA
23,53	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	21,20bA	21,20cA	21,86bA	21,00bA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	23,06bB	29,33aA	27,73aA	23,66aB
		Grãos/espiga			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	360,36aA	330,46bA	323,33bA	321,70bA
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	309,73bA	327,40bA	292,33bA	334,06bA
341,04	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	337,50aA	321,93bA	318,13bA	313,73bA
	Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	318,72bC	446,20aA	432,80aA*	373,46aB*
		PMS (kg)			
Testemunhas		Fabaceae			
Milho solteiro		Sem Fabaceae	Feijão Caupi	Guandu cv. Mandarin	<i>Crotalaria spectabilis</i>
0,26	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	0,20aB	0,25aA	0,25bA	0,26A
	Milho + <i>B. brizantha</i> cv. Marandú	0,25aB	0,22bC	0,29Aa*	0,21bC

Milho + <i>P. maximum</i> cv. Zuri	0,24a B	0,22bB	0,22cB	0,28aA*
Milho + <i>P. maximum</i> cv. Massai	0,24a A	0,15cC *	0,16dC*	0,19bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente a 0.05 de probabilidade no teste Scott-Knott, assim como, médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha. * diferem significativamente do controle a 0.05 de probabilidade no teste de Dunnett.