

Milho para silagem em sucessão a plantas de cobertura e *Azospirillum brasilense* em solo arenoso

Corn for silage in succession to coverage plants and *Azospirillum brasilense* in sandy soil

Maíz para ensilaje en sucesión de plantas de cobertura y *Azospirillum brasilense* en suelo arenoso

Recebido: 02/10/2022 | Revisado: 11/10/2022 | Aceitado: 12/10/2022 | Publicado: 16/10/2022

Alexandre Alonso de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4026-0969>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: alexandre.oliveira@ifms.edu.br

Francisco Eduardo Torres

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6114-0096>
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: feduardo@uems.br

Augusto Manoel Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0928-2978>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: augusto.rodrigues@ifms.edu.br

Élcio Ferreira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-0527>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: elcio.santos@ifms.edu.br

Rafael Azevedo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3629-1543>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: rafael.silva@ifms.edu.br

Gutierrez Nelson Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4272-0634>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: gutierrez.silva@ifms.edu.br

Félix Placência Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4404-5369>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: felix.garcia@ifms.edu.br

Resumo

Para tornar os sistemas de produção mais competitivos e assegurar a sustentabilidade da produção, torna-se necessário a adoção de técnicas com menor impacto ambiental, que tragam a diversificação, e melhorem os rendimentos por área. O objetivo do trabalho foi analisar o efeito sinérgico entre o cultivo do milho para silagem em sucessão aos restos culturais de diferentes espécies de plantas de cobertura (adubo verde) e a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* em solo arenoso, localizado no município de Nova Andradina-MS. O delineamento experimental utilizado foi o DBC para as plantas de cobertura, e um DBC em esquema fatorial 8x2 para o milho, com 8 combinações de espécies de plantas de cobertura, solteira ou em consórcio, e dois níveis para o fator inoculação com *A. brasiliense*, com a inoculação via semente do milho e a testemunha sem inoculação com a bactéria promotora de crescimento. Nas plantas de cobertura foi avaliada a produtividade de biomassa seca, e no milho foram avaliadas as variáveis produtividade de biomassa e grãos, altura de plantas, comprimento das espigas, diâmetros dos colmos, diâmetro das espigas, além do percentual dos componentes morfológicos da biomassa seca da cultura nos colmos, folhas, panículas, brácteas e sabugos. O cultivo solteiro ou consorciado de algumas espécies de plantas de cobertura em sucessão ao milho para silagem promoveu incremento para os componentes agrônômicos do milho. *A. brasiliense* influenciou negativamente na altura de plantas do milho na safra 2020/2021.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; Crotalaria; Consórcio; Milho para silagem; *Pennisetum glaucum*; Sistemas integrados de produção.

Abstract

To make production systems more competitive and ensure production sustainability, it is necessary to adopt techniques with less environmental impact, which bring diversification and improve yields per area. The objective of this work was to analyze the synergistic effect between the cultivation of corn for silage in succession to the crop residues of different species of cover crops and the inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* in sandy soil, located in the municipality of Nova Andradina-MS. The experimental design used was the DBC for cover crops, and

a DBC in an 8x2 factorial scheme for maize, with 8 combinations of cover crops species, single or intercropped, and two levels for the inoculation factor with *A. brasilense*, with inoculation via corn seed and the control without inoculation with the growth promoting bacteria. In cover crops the dry biomass yield was evaluated, and in corn the variables biomass and grain yield, plant height, ear length, stem diameters, ear diameters, in addition to the percentage of the morphological components of the crop's in stems, leaves, panicles, bracts and cobs. The single or intercropped cultivation of some species of cover crops in succession to maize for silage promoted an increase in the agronomic components of *A. brasilense* maize, negatively influencing the height of maize plants in the 2020/2021 harvest.

Keywords: Nutrient cycling; Crotalaria; Consortium; Corn for silage; *Pennisetum glaucum*; Integrated production systems.

Resumen

Para hacer más competitivos los sistemas productivos y asegurar la sostenibilidad de la producción, es necesario adoptar técnicas de menor impacto ambiental, que aporten diversificación y mejoren los rendimientos por área. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto sinérgico entre el cultivo de maíz para ensilaje en sucesión a los residuos de cosecha de diferentes especies de cultivos de cobertura (abonos verdes) y la inoculación de semillas con *Azospirillum brasilense* en suelo arenoso, ubicado en el municipio de Nova Andradina-MS. El diseño experimental utilizado fue el DBC para cultivos de cobertura, y un DBC en esquema factorial 8x2 para maíz, con 8 combinaciones de especies de cultivos de cobertura, monocultivo o intercalado, y dos niveles para el factor de inoculación con *A. brasilense*, con inoculación vía maíz. semilla y el control sin inoculación con las bacterias promotoras del crecimiento. En cultivos de cobertura se evaluó el rendimiento de biomasa seca, y en maíz se evaluaron las variables biomasa y rendimiento de grano, altura de planta, longitud de mazorca, diámetro de tallo, diámetro de mazorca, además del porcentaje de componentes morfológicos de la biomasa seca. cultivo en los tallos, hojas, panículas, brácteas y mazorcas. El cultivo único o intercalado de algunas especies de cultivos de cobertura en sucesión del maíz para ensilaje promovió un aumento en los componentes agronómicos del maíz. *A. brasilense* influyó negativamente en la altura de las plantas de maíz en la zafra 2020/2021.

Palabras clave: Ciclo de nutrientes; crotalaria; Consorcio; Maíz para asedio; *Pennisetum glaucum*; Sistemas integrados de producción.

1. Introdução

O Brasil é um dos principais produtores e consumidores de milho (*Zea mays* L.) do mundo, juntamente com Estados Unidos, China e União Europeia (Conab, 2022). É um cereal pertencente à família *Poaceae*, de grande importância econômica.

Visando produzir alimento volumoso para os rebanhos, em especial para os períodos de seca do ano, quando as pastagens naturais apresentam-se cada vez mais precárias, a utilização da silagem especialmente entre os pecuaristas que se dedicam à produção de uso, vem crescendo. O milho é a espécie vegetal mais utilizada para essa finalidade, conferindo bom rendimento de matéria verde, excelente qualidade de produção e ótima qualidade ensilada. Outras vantagens que o cereal exibe, é um baixo custo operacional de produção da silagem e uma boa aceitabilidade por parte dos animais (Soares Neto et al., 2017).

Este cereal apresenta condições ideais para a produção de uma boa silagem. Contém cerca de 30% de matéria seca (MS) por ocasião da ensilagem, além de mais de 3% de carboidratos solúveis na matéria original. No passado, o cultivo do cereal visando a silagem era voltado principalmente para a produção de massa verde, com ênfase no uso de cultivares de porte alto e com alta produção de massa vegetal (Soares Neto et al., 2017).

Nos dias atuais, o cultivo é voltado para a qualidade dos grãos e de matéria seca. Soares Neto et al. (2017) enfatizam, que essa mudança ocorreu devido ao grande número de trabalhos desenvolvidos na década de 1970, mostrando que os grãos do milho são mais digeríveis do que as folhas da planta. Com o aumento da proporção de grãos na silagem, eleva-se a qualidade da mesma.

De acordo com o 4º Levantamento para a safra 21/22 de grãos realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento, a área plantada com o cereal no Brasil nas duas safras será de aproximadamente 21,0 milhões ha⁻¹, com uma produção estimada de 113,0 t⁻¹, e produtividade média de 5.391 kg ha⁻¹.

De acordo com Portugal et al. (2017) o nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho, sendo o que mais influencia na produtividade de biomassa e grãos. Dessa forma a utilização de plantas que fixem o N atmosférico, ou o reciclem de camadas mais profundas para a superfície, é uma estratégia para suprir a quantidade de N requerida pelo milho, pois o N mantido na forma orgânica é menos sujeito a perdas por lixiviação ou volatilização, sendo disponibilizado mais lentamente, de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais.

Além disto, o uso de adubos verdes, em substituição a fertilizantes nitrogenados, é importante para a melhoria da qualidade do ambiente, pelo fato de a produção industrial de N consumir grande quantidade de energia obtida a partir da queima de combustíveis fósseis (Silva et al., 2006).

Silveira et al. (2020) enfatizam que dentre as espécies empregadas como plantas de cobertura ou na adubação verde, as leguminosas destacam-se por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, e sua baixa relação C/N, aliada à grande presença de compostos solúveis, favorece a rápida decomposição e mineralização, com expressivo aporte de N ao sistema solo-planta.

Por outro lado, o emprego de gramíneas pode amenizar a perda e N, mediante a reciclagem e imobilização em sua fitomassa, ao mesmo tempo em que sua baixa taxa de decomposição, favorecida pela alta razão C/N, confere cobertura mais prolongada do solo (Silveira et al., 2020).

O cultivo de diferentes espécies de plantas de cobertura possibilita a melhoria e a conservação do solo e da matéria orgânica, além de promover consideráveis aumentos de rendimento nas culturas subsequentes e apresentar, também, significativa viabilidade econômica (Calegari, 2006). A utilização de plantas de cobertura associada à rotação das culturas anuais é uma das alternativas para o manejo sustentável dos solos. De acordo com Holtz; Sá, (1996), os resíduos vegetais são formados por componentes básicos de C, N, P, K e S, sendo o C o elemento predominante com teores de até 60%, o N varia de 0,13 a 15%, o P, K e S chegam ao máximo de 1%.

Quanto às demandas nutricionais da cultura, Pereira Filho, (2015) enfatizam que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo. Dessa forma, pra se produzir 1 t de grãos ha⁻¹ é extraído por volta de 18 kg de N.

Segundo Andrade et al. (2019) a utilização de microrganismos para auxiliar na disponibilização de nutrientes para plantas tem sido cada vez mais realizada nas lavouras. Nas gramíneas, as bactérias agem de forma passiva (associativismo), acessando o sistema fisiológico da planta através do crescimento endofítico.

O milho é uma cultura que pode beneficiar-se da associação de bactérias fixadoras de nitrogênio, tal como a *Azospirillum brasilense*, viabilizando a disponibilidade de nitrogênio (Moreno et al., 2019). A ação de *A. brasilense* proporciona efeitos benéficos, como estimulação do crescimento do sistema radicular e a síntese de fitormônios.

Esse favorecimento ocorre devido às respostas metabólicas, dentre elas o maior desenvolvimento das raízes, permitindo uma maior recuperação do N que foi utilizado na adubação. Esse melhor desenvolvimento das raízes ocorre devido a uma maior atividade hormonal, principalmente de auxina (Alvarez et al., 2019).

Até o momento ainda são reduzidas as informações disponíveis na literatura sobre o benefício da utilização de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho, e ainda incipientes sob a influência de *A. brasilense* no milho nas diferentes formas de inoculação. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da ciclagem de N das plantas de cobertura para os caracteres agrônômicos da cultura subsequente, além da influência da aplicação de *A. brasilense* via tratamento de sementes na fixação de N pelo milho.

2. Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos na área de produção vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - *Câmpus* Nova Andradina; com as coordenadas geográficas 22°04'58.0"S e 53°28'12.3"W. A área experimental apresenta relevo plano a suave ondulado com declividade média de 3% e altitude média de 380 m. A região apresenta temperaturas médias entre 20 e 22° C e precipitação de 1500 a 1700 mm ano⁻¹ (Amore, 2009; Souza, 2013) e o clima (Figura 1.), segundo Köppen-Geiger é classificado como Tropical de Savana (Aw).

A área que foi originalmente ocupada por vegetação do Cerrado tem sido explorada por 4 anos com culturas anuais e plantas de cobertura. A área utilizada tem como histórico o uso de sistema de plantio direto (SPD) e o solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura arenosa, com 860 g de areia kg⁻¹ de solo, 114 g de argila kg⁻¹ de solo e 26 g de silte kg⁻¹ de solo (Santos, 2018).

As propriedades químicas do solo na área do experimento, foi determinada segundo métodos propostos por Raij et al., (2001), cujos resultados da análise estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado de análise química de solo nas profundidades de 0-20 cm da área experimental da Unidade de produção Vegetal do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, localizada em Nova Andradina-MS. Agosto de 2019.

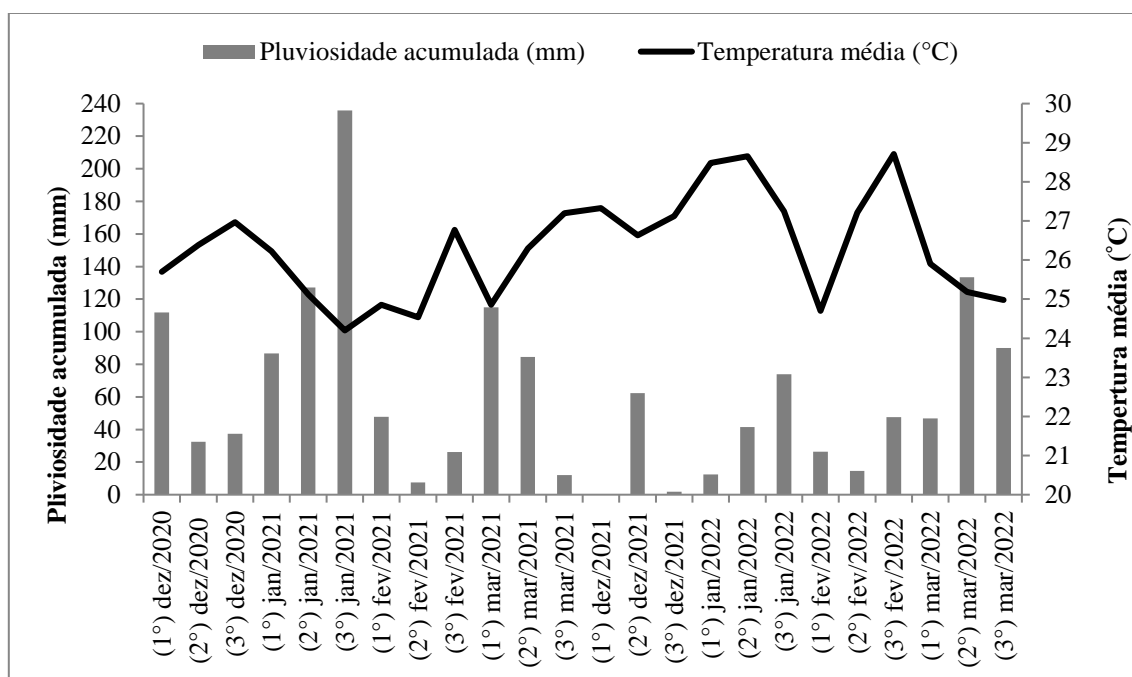
Prof	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	H+Al ³	SB	T	V	P	MOS
Cm		-----Cmol _c dm ⁻³ -----							%	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
0-20	5,5	0,0	1,2	1,0	0,04	2,0	2,2	4,2	62,0	2,1	17,8

Fonte: Autores.

A saturação por bases (V%) na Tabela 1 apresenta nível adequado para a cultura, e os nutrientes requeridos para o desenvolvimento pleno do milho foram fornecidos através da adubação de base, e em cobertura para o N e potássio (K).

Na Figura 1 estão demonstrados os dados climáticos em descêndios no período de dezembro de 2020 a março de 2021 (primeiro ano agrícola), e dezembro de 2021 a março de 2022 (segundo ano agrícola).

Figura 1. Dados de precipitação e temperaturas médias em decêndios (1º, 2º e 3º) no período experimental de condução da cultura do milho. (Estação meteorológica do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul) Nova Andradina, MS, período agrícola 2020/2021 e 2021/2022.



Fonte: Autores.

No primeiro ano agrícola (Figura 1) foram observados os maiores valores pluviométricos no terceiro decêndio do mês de janeiro (acima de 200 mm) e temperaturas médias por volta de 25°C, consideradas adequadas para a cultura. Na safra 21/22, o terceiro decêndio do mês de fevereiro de 2022 apresentou as temperaturas mais elevadas no decorrer do desenvolvimento do milho, com temperaturas médias próximas aos 30°C.

O delineamento experimental empregado na primeira etapa do ensaio visando avaliar as espécies de cobertura foi o de blocos completos casualizados (3 blocos), com 8 tratamentos de espécies de cobertura, sendo: T1 – brachiária BRS Paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás); T2 - brachiária BRS Paiaguás + feijão guandú BRS Mandarin (*Cajanus cajan* (L.); T3 - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca* (*Crotalaria ochroleuca* G. Don.); T4 - brachiária BRS Paiaguás + feijão guandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca* ; T5 - milho cv. ADR 300 (*Pennisetum glaucum*); T6 - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; T7 - milho cv. ADR 300 + feijão guandú BRS Mandarin e T8 - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*, totalizando 24 parcelas.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada a lanço numa taxa de 10 kg ha⁻¹ de sementes com 40% de valor cultural para a brachiária BRS Paiaguás e 25 kg ha⁻¹ para o milho cv. ADR 300, seguindo as recomendações técnicas descritas por Gontijo et al. (2006). Por ocasião da semeadura também foi realizada a fosfatagem a lanço na dose de 300 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-00, que posteriormente foi incorporado com uma grade niveladora fechada juntamente com a cobertura das sementes.

O feijão Guandú BRS Mandarin e a *Crotalaria ochroleuca* foram semeadas em linha após a cobertura das sementes distribuídas a lanço, numa densidade de 14 e 20 sementes m⁻¹, respectivamente. As semeaduras ocorreram em 15/09/2020 no ano agrícola 20/21 e 01/10/2021 na safra 21/22.

Aos 60 dias após a emergência (DAE), com o auxílio do quadrado de amostragem de 1,0 m², as plantas de cobertura foram coletadas pelo método direto preconizado por Salman et al. (2006). As amostras vegetais coletadas foram pesadas para determinação da massa verde (MV) e acondicionadas em sacos de papel, para serem secas em estufa a 65°C durante 72 horas.

Posteriormente, o material foi pesado para determinação da massa seca (MS), triturado em moinho tipo Wiley (peneira malha de 1 mm) e realizado as determinações químicas de N nos tecidos vegetais, de acordo com metodologia do nitrogênio total (NT) proposta por Kjeldahl. Os tratamentos coletados que possuíam mais de uma espécie vegetal foram separados após obtenção da massa verde total. Essa separação visou a realização dos cálculos de proporção por espécie para a massa seca e concentração de N no tecido foliar (Figura 4).

Nos dois anos de ensaio (safra 20/21 e 21/22) foi avaliada a massa seca total (MST-PC) das plantas de cobertura cultivadas de forma solteira e/ou consorciada. Já no segundo ano de ensaio na safra 21/22, avaliou-se também, a concentração do nitrogênio total (N) dos tecidos da parte aérea.

O delineamento experimental empregado na cultura do milho, também foi o de blocos completos casualizados (3 blocos) em esquema fatorial de 8 tratamentos com plantas de cobertura instaladas anteriormente a implantação da cultura do milho x 2 (com e sem inoculação via semente com *Azospirillum brasilense*).

Para fonte de *A. brasilense* foram utilizadas as estirpes Ab-V₅ e Ab-V₆ de *Azospirillum brasilense* na concentração de 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, sendo aplicado a dose de 100 mL do inoculante líquido ha⁻¹ (aproximadamente 20 kg de sementes ha⁻¹ do híbrido utilizado), recomendado por Santini et al., (2018). Para o tratamento com *A. brasilense* na semente, a inoculação ocorreu momentos antes da semeadura, e no controle não foi realizada a inoculação.

Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas, com 20 metros de comprimento e espaçamento de 0,9 m, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela. A população final da cultura do milho foi de 60.000 plantas ha⁻¹ com uma densidade de semeadura de 5,5 plantas m⁻¹.

O milho foi semeado em 04/12/2020 no primeiro ano de ensaio, e no segundo ano de condução em 11/12/2021, utilizando o híbrido transgênico da Syngenta® Feroz que possui tecnologia Vip3 que confere resistência aos principais lepidópteros que atacam a cultura durante seu desenvolvimento, e resistência ao herbicida Glifosato. As sementes empregadas nos dois anos de ensaio, já possuíam tratamento industrial com inseticida Cruiser® + fungicida Maxim® (Tiametoxam 350 g kg⁻¹, na dose de 2 mL kg de semente⁻¹ + Fludioxinil 25 g L⁻¹ na dose de 5 mL kg de semente⁻¹).

Na adubação de base no sulco de semeadura, utilizou-se 400 kg ha⁻¹ de N-P-K do formulado 06-27-06 (24 kg ha⁻¹ de N, 108 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 24 kg ha⁻¹ de K₂O). Já a adubação em cobertura nitrogenada e potássica foram aplicadas de forma parcelada, sendo 50 % no estádio - V3 e o restante no estádio fenológico - V8 da cultura do milho, na dose de 50 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ K₂O em cada aplicação.

Na safra 2021/2022 foi efetuada a coleta da folha diagnose do milho para a determinação de concentrações de N foliar, coletando o terço médio de 20 folhas, oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento), caracterizado pelo estádio R1 da cultura, de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al., (1997).

As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa a 65°C durante 72 horas. Posteriormente, o material foi pesado, triturado em moinho tipo Wiley (peneira com malha de 1 mm) e realizada a determinação química de N nos tecidos vegetais, de acordo com metodologia do nitrogênio total (NT) proposta por Kjeldahl.

Aos 110 dias após a emergência (DAE) foi realizada a coleta das amostras no estádio fenológico R5 (formação do dente), de acordo com a escala proposta por Pereira Filho (2015). Foram avaliadas a produção de biomassa seca do milho silagem através da coleta 1 metro de linha (5 plantas) na altura de 10 cm, sendo pesadas posteriormente, trituradas e secas para

determinar a matéria seca da planta inteira de milho. Também foi determinado o percentual de composição da massa seca dos componentes morfológicos colmo, folha, panícula, brácteas, sabugo e grãos (Gomes, 2019).

Ainda foram mensuradas a altura de planta, diâmetro de colmo e espigas, comprimento de espigas. Todas as variáveis analisadas foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Gomes (2019). A Altura da planta foi determinada medindo-se a altura entre o nível do solo até a base da inserção da folha bandeira. Já o diâmetro de colmo foi medida em milímetros com paquímetro a 10 cm do solo.

Todas estas medidas foram executadas em 20 plantas escolhidas ao acaso, na área útil da parcela. O diâmetro (mm) e comprimento das espigas foram determinados, medindo o terço médio da espiga, com o auxílio de paquímetro e régua graduada em cm, em 20 espigas por parcela.

Os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando o software R STATISTIC. Os fatores qualitativos foram submetidos ao teste de análise de variância, utilizando-se o teste F e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, para as variáveis avaliadas nas plantas de cobertura ocorreram diferenças significativas, com $p < 0,05$ (Tabela 3). Nas análises realizadas na cultura do milho não houve efeito significativo pelo teste F ($p > 0,05$) para interação dos fatores (plantas de cobertura solteiras e/ou consorciadas x inoculação com *A. brasilense* via tratamento de sementes) para todas as variáveis avaliadas no ensaio demonstrando que estes fatores se comportam de forma independente.

Avaliando os fatores isolados, com o milho sendo cultivado em sucessão a palhada de diferentes plantas de cobertura, houve efeito significativo para a variável massa seca total (MST) na safra 21/22 ($p < 0,05$). Também ocorreu diferença nas médias da produtividade de grãos (PG) na safra 21/22, altura de plantas (AP) nas duas safras, comprimento das espigas (CE) na safra 20/21, diâmetros dos colmos (DC) somente na safra 21/22 se mostraram distintas ($p < 0,05$) esboçados nas Tabelas 2 e 3.

Já o diâmetro das espigas (DE) não demonstrou diferenças estatísticas nas médias pra as duas avaliações ($p > 0,05$). Para a concentração de nitrogênio do tecido foliar (N) do milho, realizada somente no ciclo 21/22 houve diferença nas médias ($p < 0,05$).

Referente à inoculação com *A. brasilense* via semente e testemunha (sem inoculação), apenas AP diferiu significativamente na safra 20/21 e o DC apresentou médias distintas no ciclo 21/22 (Tabelas 4 e 5).

Nas variáveis morfológicas mensuradas na cultura do milho também não ocorreu efeito significativo pelo teste F ($p > 0,05$) para interação dos fatores (plantas de cobertura solteiras e/ou consorciadas x inoculação com *A. brasilense* via tratamento de sementes) em nenhuma das variáveis avaliadas, comprovando que neste estudo estes fatores se comportam de forma independente (Tabelas 6 e 7).

No fator independente plantas de cobertura, houve diferença nas médias para as variáveis colmo e grãos na safra 20/21, folhas na safra 21/22 e brácteas, apresentaram médias distintas na constituição percentual de planta inteira de milho, nos dois ciclos ($p < 0,05$). Já no fator independente, inoculação com *A. brasilense* via semente e testemunha (sem inoculação), não ocorreu distinção estatística das médias ($p > 0,05$), em nenhuma das variáveis morfológicas analisadas.

Na Tabela 2 estão demonstrados os valores percentuais de contribuição, por espécie na massa seca total das plantas de cobertura (MST-PC), na constituição dos diferentes tratamentos empregados neste estudo. No segundo ano de ensaio, as espécies consorciadas com o milheto e a braquiária apresentaram menor contribuição percentual na constituição da MST-PC, podendo-se inferir, que as condições de deficiência hídrica nessa safra, limitaram o bom estabelecimento destas espécies.

Tabela 2. Percentual de contribuição de cada espécie na constituição da MST-PC (kg ha^{-1}) das plantas de cobertura cultivadas solteiras e consorciadas em sucessão à cultura do milho. IFMS, campus de Nova Andradina/MS, nos anos agrícolas 2020/2021 e 2021/2022.

PC ¹	Percentual de contribuição por espécie na MST-PC	
	2020/2021	2021/2022
B ¹	100	100
B+FG ¹	72,3 + 27,7	84,5 + 15,5
B+C ¹	53,3 + 46,7	94,4 + 5,6
B+FG+C ¹	59,1 + 6,8 + 34,1	82,6 + 9,5 + 7,9
M ¹	100	100
M+B	77,9 + 22,1	95,8 + 4,2
M+FG ¹	85,2 + 14,8	95,3 + 4,7
M+C ¹	70,8 + 29,2	97,1 + 2,9

¹ – **PC** - espécies de plantas de cobertura; **B** - brachiária BRS Paiaguás; **B+FG** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú; **B+C** - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca*; **B+FG+C** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca*; **M** - milho cv. ADR 300; **M+B** - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; **M+FG** - milho cv. ADR 300 + feijão gunandú BRS Mandarin e **M+C** - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*. Fonte: Autores.

A maior MST-PC das plantas de cobertura encontrada no ensaio (Tabela 2) foi de 4477,1 kg ha^{-1} como a mistura de espécies de planta de cobertura **B+FG+C** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca* e 7448,2 kg ha^{-1} em **M** – milho, respectivamente nas safras 20/21 e 20/22 diferindo dos outros tratamentos. As menores médias para MST das plantas de cobertura foram encontradas no tratamento com brachiária BRS Paiaguás solteira no ciclo 20/21 e com a mistura de espécies de planta de cobertura **B+FG+C** na safra 21/22.

A altura de plantas (AP) apresentou a maior média 160,8 cm no tratamento com a maior MST-PC na primeira safra (**B+FG+C**), bem como AP apresentou a maior média (167,0 cm) dentro do tratamento com a maior MST na safra 21/22 (**M**), inferindo que com o maior aporte de MST-PC ocorre a maior ciclagem de nutrientes para a cultura posterior favorecendo a maior altura das plantas de milho (Tabelas 3, 4 e 5).

Finney E Kaye, (2017) corroboram que as espécies de plantas de coberturas, sendo elas gramíneas ou leguminosas, são destacadas em opção de manejo, por exercer uma determinada função. Contudo, uma alternativa distinta é o uso de mix dessas coberturas vegetais que proporcionam combinações entre as espécies na diferenciação de suas características, potencializando uma maior demanda de benefícios ao solo e ao cultivo da cultura posterior. A maior MST - PC garante a ciclagem de maior volume de nutrientes, que conseqüentemente pode ter contribuído para o maior porte em altura das plantas.

Em ensaio conduzido por Garcia, (2021) avaliando a produção de biomassa de diferentes espécies de cobertura, o autor corrobora com os resultados encontrados para a MST-PC na safra 21/22, onde o mesmo encontrou o maior valor de MST-PC da parte aérea com o milho (21100 kg ha^{-1}). Esta espécie é uma cultura que se destaca em produção de massa seca, amplamente difundida no Cerrado brasileiro como planta de cobertura no sistema de plantio direto.

Em solos de baixa fertilidade e com baixa disponibilidade de água, o milho ainda é capaz de produzir cerca de 7000 kg ha^{-1} de massa seca, valor bastante semelhante ao encontrado no ensaio no segundo ano de semeadura. Essas informações descritas por Garcia (2021) podem explicar a maior MST-PC obtida pelo milho no ciclo 21/22, distinto da maior MST obtida na safra 20/21 pelo mix de espécies (**B+FG+C**), pois no ciclo 21/22 a escassez hídrica foi mais acentuada, em relação à safra anterior para as espécies de cobertura.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MST-PC) nas safras 2020/2021 e 2021/22, e nitrogênio total da parte aérea (N) de plantas de cobertura semeadas solteiras e/ou consorciadas em 21/22. IFMS, campus de Nova Andradina/MS.

PC ¹	MST-PC (20/21)	MST-PC (21/22)	N(21/22)
	-----kg ha ⁻¹ -----		g kg ⁻¹
B¹	2235,0b*	3556,8cd	19,96ab
B+FG¹	2318,2b	3906,5bcd	19,85ab
B+C¹	3536,4ab	3624,7cd	18,15b
B+FG+C¹	4477,1a	2579,1d	28,13a
M¹	3436,8ab	7448,2a	19,61ab
M+B	3071,8ab	6494,3ab	19,64ab
M+FG¹	2342,0b	5336,4abc	20,83ab
M+C¹	2296,7b	6163,8abc	24,08ab
C.V.(%)	17,1	19,2	15,5

*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.¹ – **PC** - espécies de plantas de cobertura; **B** - brachiária BRS Paiaguás; **B+FG** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú; **B+C** - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca* ; **B+FG+C** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarim + *Crotalaria ochroleuca* ; **M** - milho cv. ADR 300; **M+B** - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; **M+FG** - milho cv. ADR 300 + feijão gunandú BRS Mandarim e **M+C** - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*. Fonte: Autores

No segundo ciclo do estudo, ainda foi mensurada a concentração do nitrogênio da área foliar das espécies empregadas no ensaio. A maior concentração de N foi encontrada na mistura de espécies (**B+FG+C**) 28,13 g kg⁻¹ equivalente a 72,5 kg ha⁻¹ de N no total da MST-PC do tratamento, e a menor taxa do nutriente foi encontrada no tratamento da mistura (**B+C**) 18,15 g kg⁻¹ equivalente a 64,2 kg ha⁻¹ diferindo dos outros tratamentos (Tabela 3). A mistura de espécies leguminosas ao mix de semeadura confere maior ciclagem de nitrogênio, graças a capacidade de FBN destas espécies.

Michelon et al. (2019) enfatizam que o uso de espécies de *Brachiaria* é muito promissora em consórcio com outras culturas, principalmente quando se busca a liberação de N em curto espaço de tempo, mas com manutenção da palhada no solo por períodos mais longos, objetivando também a proteção do solo.

Reis, (2020) executando ensaio com plantas de cobertura no município de Itumbiara-GO, avaliando os tratamentos palhada de milho e palhada de *Crotalaria spectabilis* com milho obtiveram o menor valor de nitrogênio na folha medindo 23,5 e 23,2 g kg⁻¹ quando comparados com os demais tratamentos, destacando com maior valor o tratamento palhada de *Crotalaria spectabilis* com *Brachiaria ruziziensis* medindo 25,9 g kg⁻¹.

Esses dados embasam os valores de N encontrados neste estudo, tendo a maior concentração de N no tecido foliar no tratamento com o mix das espécies (**B+FG+C**) 28,13 g kg⁻¹, valor maior ao encontrado pelo autor, na mistura de *Crotalaria spectabilis* com *Brachiaria ruziziensis*. As maiores concentrações de N no tecido foliar encontradas no tratamento **B+FG+C**, pode ter sido obtida pela presença de duas espécies de leguminosas, que possuem a capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), através da simbiose com bactérias do gênero *Rizobium*.

Em estudos conduzidos por Pereira et al. (2017) avaliando a ciclagem de nutrientes, em diferentes espécies de plantas de cobertura, os autores encontraram o maiores teores de nitrogênio (36,0 g kg⁻¹) na *Crotalaria* spp. Este resultado indica a capacidade das leguminosas em fixar o nitrogênio atmosférico pela associação simbiótica com bactérias do gênero *Rizobium*, e confirma que, as leguminosas apresentam elevado teor deste nutriente na massa seca da parte aérea. Os resultados obtidos são superiores aos observados neste ensaio, que obteve teor de nitrogênio de 28,13 g kg⁻¹ na parte aérea de *Crotalaria ochroleuca*, feijão gunandú BRS Mandarim e brachiária BRS Paiaguás consorciadas.

Tabela 4. Produtividade de biomassa (MST) e grãos (PG), altura de plantas (AP), comprimento das espigas (CE), diâmetros dos colmos (DC), diâmetro das espigas (DE) de milho, com base na matéria seca no momento da colheita para silagem, com cultivo em sucessão a diferentes espécies de plantas de cobertura (fator simples) solteiras e consorciadas, e com inoculação via semente de *Azospirillum brasilense* (fator simples). IFMS, campus de Nova Andradina/MS, ano agrícola 2020/2021.

PC ¹	MST	PG	AP	CE	DC	DE
	kg ha ⁻¹		cm		mm	
B ¹	14023,1	4835,8	149,4abc	19,6a	19,0	41,8
B+FG ¹	12261,8	3993,7	129,2d	18,2ab	18,8	39,2
B+C ¹	13348,7	4116,7	133,5cd	18,2ab	19,0	41,4
B+FG+C ¹	12393,8	4245,9	160,8a	17,9ab	19,9	40,8
M ¹	11102,7	3876,2	141,4bcd	16,6b	18,8	39,6
M+B	10279,9	3989,3	144,5abcd	16,3b	19,2	39,1
M+FG ¹	12029,6	4481,5	153,6ab	16,5b	18,1	40,1
M+C ¹	12012,8	4985,8	150,3abc	18,2ab	17,2	40,1
C.V.(%)	16,7	22,2	6,4	6,8	7,7	5,4
I ²	MST	RG	AP	CE	DC	DE
	kg ha ⁻¹		cm		mm	
Com (C)	12455,0	4479,1	142,2b	17,7	18,5	40,1
Sem (S)	11908,0	4152,1	148,4a	17,8	19,0	40,4
C.V.(%)	16,7	22,2	6,4	6,8	7,7	5,4

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

¹ – **PC** - espécies de plantas de cobertura; **B** - brachiária BRS Paiaguás; **B+FG** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú; **B+C** - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca*; **B+FG+C** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca*; **M** - milho cv. ADR 300; **M+B** - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; **M+FG** - milho cv. ADR 300 + feijão gunandú BRS Mandarin e **M+C** - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*.

² - **I** – formas de inoculação; **(C)** inoculação via sementes com *A. brasilense* e **(S)** sem inoculação com a bactéria (controle).

Fonte: Autores.

A MST da planta inteira de milho não demonstrou diferença estatística entre as médias ($p > 0,05$), bem como a produtividade de grãos (PG), diâmetro do colmo (DC) e diâmetro da espiga na região mediada (DE) na safra 20/21. Avaliando o fator simples (inoculação com *A. brasilense*) nessa safra, houve diferença significativa somente para a variável AP (Tabela 4), que apresentou a maior AP, com média de 148,4 cm, no tratamento sem aplicação do inoculante. Resultados divergentes, aos encontrados por Moreira et al. (2019), onde enfatizaram que com a aplicação do inoculante no sulco de semeadura, a altura de plantas aumentou até a dose de 28,55 kg ha⁻¹ de N, correspondendo à altura máxima de 1,8 m.

Moreno et al. (2019) enfatizam que respostas positivas ou negativas para as variáveis altura da planta, diâmetro basal do colmo, nitrogênio acumulado na parte aérea e as massas das folhas, do colmo, da parte aérea, da raiz e total não foram verificadas quando a inoculação de *Azospirillum brasilense* foi efetuada nas sementes e/ou folhas. Embora a expectativa fosse que rizobactéria intensificasse o crescimento das plantas os resultados obtidos não evidenciaram a produção de efeitos significativos proporcionados pelo seu uso ou forma de aplicação desta.

A variável CE quando avaliada no fator independente PC no ano agrícola 20/21 (Tabela 4), apresentou as maior média no tratamento composto por **B** solteira, com o comprimento de 19,6 cm, sendo distinto aos outros tratamentos. Reis (2020) concluiu que o comprimento das espigas diferiu por esta variável tratar-se de um caractere agrônomico, que está ligada diretamente ao seu desenvolvimento, cujo à interação da planta milho doce com o meio foram relevantes, quando avaliados os resultados. Os tratamentos sem palha e com palhada de *Crotalaria* obtiveram os menores comprimentos de espigas 8,22% e

7,51% menos que o tratamento *Brachiaria ruziziensis* com maior resultado medido 21,28 cm, respectivamente, valor bastante próximo ao encontrado no ensaio com *Brachiaria brizantha* - BRS Paiaguás.

Avaliando CE dentro do fator *A. brasilense* não ocorreu diferença significativa, como mencionado por Rockenbach et al. (2017), testando a eficiência da inoculação com a bactéria, associado a adubação nitrogenada no milho, observou aumento linear do diâmetro da espiga com o aumento da dose de inoculante utilizada, porém não houve resposta para o comprimento e a massa de espiga. Pela braquiária conferir uma palhada mais persistente sob o solo, esta pode ter preservado a umidade do mesmo por mais tempo, podendo ter proporcionado ao milho, condições mais favoráveis para o estabelecimento de espigas com maior comprimento.

Tabela 5. Produtividade de biomassa (MST) e grãos (PG), altura de plantas (AP), comprimento das espigas (CE), diâmetros dos colmos (DC), diâmetro das espigas (DE), nitrogênio total do tecido foliar (N) de milho, com base na matéria seca no momento da colheita para silagem, com cultivo em sucessão a diferentes espécies de plantas de cobertura (fator simples) solteiras e consorciadas, e com inoculação via semente de *Azospirillum brasilense* (fator simples). IFMS, campus de Nova Andradina/MS, ano agrícola 2021/2022.

PC ¹	MST	PG	AP	CE	DC	DE	N
	kg ha ⁻¹		cm		mm		g kg ⁻¹
B¹	8097,9b	1358,3ab	148,2b	14,7	17,5b	37,1	27,0c
B+FG¹	8183,7ab	1225,0b	144,1bc	13,4	18,1b	36,0	27,1c
B+C¹	8172,8ab	1321,4ab	141,3bc	14,6	17,5b	34,1	28,6abc
B+FG+C¹	8098,1b	1310,7ab	134,6c	13,5	17,7b	34,3	27,9bc
M¹	9050,9ab	1816,7ab	167,0a	13,7	21,1a	35,6	29,6ab
M+B	9634,4ab	1890,1a	165,5a	13,1	21,8a	35,8	28,5abc
M+FG¹	9922,0a	1541,7ab	165,0a	13,3	20,1a	35,4	30,4a
M+C¹	8724,3ab	1348,7ab	162,0a	13,0	18,1b	35,6	28,7abc
C.V.(%)	10,7	23,6	4,5	7,7	5,4	5,5	3,7
I ²	MST	RG	AP	CE	DC	DE	N
	kg ha ⁻¹		cm		mm		g kg ⁻¹
Com (C)	8867,8	1434,7	153,3	13,7	18,7b	35,2	28,5
Sem (S)	8603,3	1518,4	153,6	13,7	19,3a	35,6	28,4
C.V.(%)	10,7	23,6	4,5	7,7	5,4	5,5	3,7

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

¹ – PC - espécies de plantas de cobertura; B - brachiária BRS Paiaguás; B+FG - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú; B+C - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca*; B+FG+C - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca*; M - milho cv. ADR 300; M+B - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; M+FG - milho cv. ADR 300 + feijão gunandú BRS Mandarin e M+C - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*.

² - I – formas de inoculação; (C) inoculação via sementes com *A. brasilense* e (S) sem inoculação com a bactéria (controle).

Fonte: Autores.

Já no segundo ano de ensaio (21/22) a MST do milho diferiu entre os tratamentos empregados (Tabela 5). O tratamento com a mistura das plantas de cobertura M+FG apresentou as maiores médias nesta variável, 9922,0 kg ha⁻¹, e a menor MST no tratamento de B - brachiária BRS Paiaguás, cultivada solteira com 8097,9 kg ha⁻¹, diferindo de todos os outros tratamentos.

A maior média da concentração de N no tecido foliar do milho também foi alcançada no tratamento do consórcio M+FG 30,4 g kg⁻¹. Loss et al. (2020) em ensaio com plantas de cobertura em sucessão ao milho, enfatiza que os tratamentos

Urochloa ruziziesis (Sin. Brachiaria), Crotalaria com Milheto e o mix foram iguais, diferindo do restante dos tratamentos, mostrando que, associando duas ou mais plantas de cobertura a relação C/N se torna mais equilibrada, havendo decomposição mais lenta, prolongando a palhada sobre o solo, melhorando desempenho e aproveitamento pela cultura subsequente, contribuindo com os resultados obtidos neste ensaio para MST e N do tecido foliar da cultura.

Os teores mais elevados de N no tecido foliar do milho, encontrados no tratamento **M+FG** podem ter sido obtidos pela presença da leguminosa em consórcio com o milheto, cultivadas anteriormente ao cereal. O FG possui a capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), através da simbiose com bactérias do gênero *Rizobium*, que também pode justificar a maior MST do milho na safra 21/22.

De acordo com Cantarella, (2017), os valores adequados para o teor de nitrogênio na cultura do milho foram obtidos a partir da dose de 69,1 kg ha⁻¹ de N, que está compreendido na faixa considerada adequada para a cultura que é de 27,0 a 35,0 g kg⁻¹ de N no tecido foliar (faixa de suficiência), padrão alcançado em todos os tratamentos, mesmo com o baixo rendimento de grãos obtidos principalmente no ciclo 21/22, ocasionado principalmente pela escassez hídrica nos momentos determinantes do estágio reprodutivo da cultura (R2-R3).

Ainda em 21/22 a PG apresentou diferença entre os tratamentos avaliados, tendo o maior rendimento para **M+ B**, e o menor para **B+FG**, com valores de 1890,1 e 1225,0 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 5). O milheto é uma espécie gramínea que se destaca pela elevada produção de fitomassa e pelo acúmulo e liberação de nutrientes, principalmente de N e K, reduzindo os riscos de lixiviação (Algeri et al., 2018).

Comparando o milheto com as outras gramíneas, este possui desempenho inferior quando comparado com as *Brachiarias* que produz volume maior de matéria seca, cuja decomposição é mais lenta, permanecendo por período maior de tempo sobre o solo. Dessa forma tornou-se possível inferir que a mistura das duas espécies como plantas antecessoras ao milho, podem ter contribuído no RG da cultura de interesse comercial (Algeri et al., 2018).

Tabela 6. Percentual dos componentes morfológicos colmos, folhas, panículas, brácteas, sabugos e grãos de milho, com base na matéria seca no momento da colheita para silagem, com cultivo em sucessão a diferentes espécies de plantas de cobertura (fator simples) solteiras e consorciadas, e com inoculação via semente de *Azospirillum brasilense* (fator simples). IFMS, campus de Nova Andradina/MS, no ano agrícola 2020/2021.

PC ¹	Colmo	Folha	Panícula	Bráctea	Sabugo	Grão
	-----MST ⁻¹ (%)-----					
B¹	22,9bc	13,4	1,7	14,7a	12,7	34,6ab
B+FG¹	32,1a	12,2	1,4	10,5bcd	11,0	32,6b
B+C¹	27,5abc	15,9	1,4	12,6ab	11,9	30,7b
B+FG+C¹	27,7ab	16,4	1,9	7,8cd	12,1	34,0ab
M¹	30,3ab	15,2	1,4	7,3d	10,7	35,1ab
M+B	25,0abc	12,0	1,5	10,9bc	11,7	38,9ab
M+FG¹	25,6abc	12,6	1,3	11,9ab	11,7	37,0ab
M+C¹	20,0c	11,0	1,6	13,3ab	12,6	41,5a
C.V.(%)	15,3	22,3	27,5	16,7	12,8	12,7
I ²	Colmo	Folha	Panícula	Bráctea	Sabugo	Grão
	-----MST ⁻¹ (%)-----					
Com (C)	25,5	13,4	1,5	11,5	11,7	36,4
Sem (S)	27,3	13,7	1,6	10,7	11,9	34,8
C.V.(%)	15,3	22,3	27,5	16,7	12,8	12,7

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

¹ – **PC** - espécies de plantas de cobertura; **B** - brachiária BRS Paiaguás; **B+FG** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú; **B+C** - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca*; **B+FG+C** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca*; **M** - milho cv. ADR 300; **M+B** - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; **M+FG** - milho cv. ADR 300 + feijão gunandú BRS Mandarin e **M+C** - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*.

² - **I** – formas de inoculação; **(C)** inoculação via sementes com *A. brasilense* e **(S)** sem inoculação com a bactéria (controle).

Fonte: Autores.

No ciclo 20/21 a maior média para o percentual de composição morfológica da MST do milho, na variável **Colmo** foi alcançada no tratamento **B+FG** (32,1%), e a menor para **M+C** com 20%. Na Tabela 6, para **Bráctea** o maior valor ocorreu para **B** (14,7%). Já na variável **Grão**, o maior percentual foi obtido dentro do tratamento **M+C** (41,5%), sendo este o componente morfológico, com maior contribuição para a MST do milho, neste ano de ensaio. As variáveis **Folha**, **Panícula** e **Sabugo** não demonstraram diferença significativa entre as médias ($p > 0,05$), quando avaliadas dentro do fator independente plantas de cobertura (PC).

Santos, (2010) definiu que a planta de milho ideal para ensilagem deve apresentar, na base seca, de 20 a 23% de colmo, 12 a 16% de folhas e 64 a 65% de espigas, a fim de garantir qualidade ao volumoso, valores estes alcançados em todos os tratamentos do ensaio executado em duas safras. Klein et al. (2018) avaliando o híbrido P-30S40 obteve valores médios de 34,8% de colmo, 27,7% de folhas e 37,6% de espigas, com base na matéria seca. Obteve ainda no híbrido AS 1551 convencional a maior participação de espiga no material para ser ensilado (52,42%).

Os valores encontrados por Klein et al. (2018) para contribuição das espigas na MST é inferior ao encontrado, no primeiro ano do ensaio, com 62,0% (Tabela 6) de contribuição da espiga (somatório das **Brácteas**, **Sabugos** e **Grãos** na MST) no tratamento **B** com maior MST do milho 20/21 (Tabela 4) e superior ao encontrado na safra 21/22 (somatório das **Brácteas**, **Sabugos** e **Grãos** na MST de 30,7%) no tratamento **M+FG** (Tabela 6), que apresentou maior MST para o milho 20/22 (Tabela 7).

Em estudos conduzidos por Bertolino et al. (2021), com plantas de cobertura observou que a biomassa seca total obtida para os tratamentos com monocultivo de crotalária (7431 kg ha⁻¹) superiores as encontradas ao milho cultivado de forma solteira (5900 kg ha⁻¹).

Em contrapartida, quando as duas espécies foram consorciadas em diferentes proporções, a MST destas plantas de cobertura apresentaram os maiores valores, quando comparadas ao cultivo solteiro. Dessa forma é possível inferir, que a utilização de plantas de cobertura de forma solteira e principalmente consorciadas pode ter colaborado para a elevação dos componentes morfológicos, que constituem a MST do milho.

Avaliando o fator simples (inoculação com *A. brasilense*) nos dois anos de condução, não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis avaliadas na constituição morfológica da MST do milho (Tabelas 6 e 7). Moreno et al. (2019) enfatizam que respostas positivas ou negativas para as variáveis massas das folhas, do colmo, da parte aérea, da raiz e total não foram verificadas quando a inoculação de *Azospirillum brasilense* foi efetuada nas sementes e/ou folhas.

Tabela 7. Percentual dos componentes morfológicos folhas, brácteas, sabugos e grãos de milho, com base na matéria seca no momento da colheita para silagem, com cultivo em sucessão a diferentes espécies de plantas de cobertura (fator simples) solteiras e consorciadas, e com inoculação via semente de *Azospirillum brasilense* (fator simples). IFMS, campus de Nova Andradina/MS, no ano agrícola 2021/2022.

PC ¹	Folha	Bráctea	Sabugo	Grão
	-----MST ⁻¹ (%)-----			
B¹	31,1ab	9,9ab	7,6	16,7
B+FG¹	29,0abc	10,2ab	7,8	15,1
B+C¹	32,3a	13,1a	7,8	16,2
B+FG+C¹	22,9abc	10,4ab	7,1	16,6
M¹	23,1abc	10,4ab	8,7	20,1
M+B	21,0bc	8,5b	7,2	19,5
M+FG¹	20,5bc	8,3b	6,6	15,8
M+C¹	18,0c	8,0b	6,8	15,3
C.V.(%)	23,8	22,1	18,5	21,6
I ²	Folhas	Bráctea	Sabugo	Grão
	-----MST ⁻¹ (%)-----			
Com (C)	24,7	9,8	7,5	16,2
Sem (S)	24,8	9,9	7,4	17,6
C.V.(%)	23,8	22,1	18,5	21,6

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

¹ – **PC** - espécies de plantas de cobertura; **B** - brachiária BRS Paiaguás; **B+FG** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú; **B+C** - brachiária BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca*; **B+FG+C** - brachiária BRS Paiaguás + feijão gunandú BRS Mandarin + *Crotalaria ochroleuca*; **M** - milho cv. ADR 300; **M+B** - milho cv. ADR 300 + brachiária BRS Paiaguás; **M+FG** - milho cv. ADR 300 + feijão gunandú BRS Mandarin e **M+C** - milho cv. ADR 300 + *Crotalaria ochroleuca*.

² - **I** – formas de inoculação; (C) inoculação via sementes com *A. brasilense* e (S) sem inoculação com a bactéria (controle).

Fonte: Autores.

Já na safra 21/22 a maior média para o percentual de composição morfológica da MST do milho, na variável **Folha** foi alcançada no tratamento **B+C**, com 32,6% diferindo dos outros tratamentos. Ainda para este tratamento, também foi obtida a maior média para Bráctea, contribuindo com 13,1 % da MST do milho. Já nas variáveis **Sabugo**, e **Grão** não demonstraram diferença nas médias (p>0,05), quando avaliadas dentro do fator independente plantas de cobertura (PC). Neste ano de ensaio

não foram avaliados os componentes morfológicos **Colmo e Panícula**. A mistura das plantas de cobertura **M+C** apresentaram os menores valores, para todas as variáveis morfológicas estudadas no ciclo 21/22 (Tabela 7).

Em trabalho conduzido por Klein et al. (2018) no Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o híbrido AS 1656 PRO 3 também apresentou a maior participação de folhas na massa ensilada, em comparação ao híbrido AS 1596 PROX. Fato esse, que também ocorreu com o híbrido Syngeta Feroz VIP3 avaliado neste estudo, onde o componente folha mostrou a maior contribuição para a MST da cultura do milho, em todos os tratamentos.

O autor ainda enfatiza, que híbridos com maior participação de material fibroso (folha + colmo), estando associado à produção de volumoso de qualidade inferior. Materiais genéticos que apresentam maior proporção de grãos no material ensilado garantem a obtenção de volumoso de melhor qualidade para fornecimento aos animais. Diante da afirmação feita por Klein et al. (2018), torna-se notório mencionar que o percentual de constituição dos grãos na MST do milho neste ensaio, foi severamente afetada pelas condições de escassez hídrica decorrida principalmente no segundo ano de ensaio (estádios fenológicos R1 e R2), em relação ao material genético empregado neste estudo (Figura 2 e Tabelas 6 e 7).

Forte et al. (2018) enfatiza, que a produção de silagem de milho foi significativamente superior quando cultivado sob a palhada de nabo forrageiro, em relação aos ao tratamento com pousio do solo em 13% para o primeiro, 30% para o segundo e 38% para o terceiro respectivamente, sendo uma alternativa viável para obter alto rendimento na silagem de milho. Fator este, que evidencia os benefícios das plantas de cobertura em sucessão, a cultura do milho para silagem.

Flôres et al. (2017) ao utilizarem plantas de cobertura (milho, milho consorciado com braquiária e braquiária) no feijão comum, concluíram que o feijoeiro sobre a palhada de braquiária apresentou maior produtividade e teor de proteína bruta. Eles ainda contribuem, afirmando que o cultivo de diferentes espécies de plantas de cobertura possibilita a melhoria e a conservação do solo e do componente orgânico no solo, além de promover consideráveis aumentos de rendimento nas culturas subsequentes, com significativos ganhos econômicos. Enfatizam ainda que os sistemas de produção específicos e a utilização de plantas de cobertura do solo devem ser estudados analisando os fatores locais, a fim de viabilizar o sistema de semeadura direta para cada região.

Quanto à ausência da contribuição da inoculação com *A. brasilense* via semente, nas das variáveis avaliadas no híbrido de milho Feroz vip3, estes resultados podem ter sido ocasionados pelo efeito antagônico dos ingredientes ativos presentes no tratamento de sementes (TS). Mohiuddin & Mohammed (2013) enfatizam que determinados ingredientes ativos, em especial fungicidas, vêm demonstrando efeitos deletérios sobre a atividade de BPCV (bactérias promotoras de crescimento vegetativo), como é o caso em *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum* spp.

Em avaliações laboratoriais Vogel et al. (2015) verificaram que a presença do ingrediente ativo Carboxina + Tiram nos tratamentos inoculados promoveram resultados estatisticamente inferiores em comparação a testemunha padrão (sem tratamento de sementes), demonstrado uma combinação antagônica entre o fungicida e a bactéria diazotrófica.

O emprego de mais de uma dose do produto comercial contendo *A. brasilense* na inoculação das sementes de milho, pode favorecer a colonização da BPCP, inibindo o antagonismo do tratamento de sementes. Coelho et al. (2018) concluiu, que houve aumento na produtividade de grãos de milho quando associado o uso de *Azospirillum brasilense* e a redução da adubação nitrogenada, quando aplicado no sulco de plantio na dosagem de 300 ml ha⁻¹, volume de 3 doses, em relação a empregada no ensaio.

Mais estudos com *Azospirillum brasiliense* para determinar o emprego eficiente do inoculante em distintas condições edafoclimáticas e com diferentes genótipos de milho se fazem necessários para melhorar a compreensão da interação entre os fatores envolvidos para a promoção de sistemas mais sustentáveis de produção.

4. Conclusões

Plantas de cobertura cultivadas solteiras ou consorciadas potencializam os componentes agronômicos e morfológicos do milho cultivado em sucessão.

Os maiores teores de nitrogênio no tecido foliar do milho são evidenciados em sucessão ao consórcio das plantas de milho + feijão guandú.

Azospirillum brasilense inoculado nas sementes não contribui com os caracteres agronômicos e morfológicos do milho.

Estudos para determinar as melhores espécies e épocas de plantio de plantas de cobertura em diferentes ambientes de cultivo, bem como, o emprego mais eficiente de inoculante em distintas condições edafoclimáticas e com diferentes genótipos de milho se fazem necessários com o intuito de melhor compreensão da interação entre os fatores envolvidos para a promoção de sistemas mais sustentáveis de produção.

Referências

- Algeri, A., Vilar, C. C., Ushiwata, S. Y. & Reis, R. G. E. (2018). Produção de biomassa e cobertura do solo por milho, braquiária e crotalária cultivados em cultura pura e consorciados. *Revista GlobalScience and Technology*, 11(2), 112-125. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2022N00115>
- Alvarez, R. C. F., Benetão, J., Barzotto, G. R., Andrade, M. G. O. de & Lima, S. F. de. (2019). Application methods of *Azospirillum brasilense* in first- and secondcrop corn. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(11), 840-846. <https://doi.org/10.1590/1807-1929>
- Amore, L. (2009) Caracterização das Bacias Hidrográficas dos Rios Ivinhema e Pardo para a criação do Comitê da Bacia do Rio Ivinhema e do Comitê da Bacia do Rio Pardo In: Amore, L. *Cadernos sobre a Criação dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Ivinhema e Pardo, Estado do Mato Grosso do Sul*. [Agência Nacional das Águas, UNESCO], 31-41. <http://www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/planosdebacia/PLANOIVINHEMA.pdf>
- Andrade, A. F. de, Zoz, T., Zoz, A., Oliveira, C. E. S. da & WITT, T. W. (2019). *Azospirillum brasilense* inoculation methods in corn and sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49 (e53027), 1-9. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4953027>
- Bertolino, K. M., Duarte, G. R. B., Vasconcelos, G. M. P. V., Botrel, E. P. & MARTINS, F. A. D. (2021). Produção de biomassa e cobertura do solo pelo consórcio de crotalária e milho e sua influência em propriedades físicas do solo. *ForScience*, 9(2), e00931, 1-17. <https://doi.org/10.29069/forscience.2021v9n2.e931>
- Calegari, A. (2006). *Plantas de cobertura*. In: CASÃO JÚNIOR, R., Siqueira, R., Passini, J. J. & Metha, Y. R. Sistema plantio direto com qualidade. [Iapar. Foz do Iguaçu:Itaipu Binacional], 55-74.
- Cantarella, H. (2017). Nitrogênio, 375-470. In: Novais, R. F., Alvarez, V., V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. [Sociedade Brasileira de Ciência do Solo], 1 (1), 1-1.007.
- Coelho, B. A., Dias, V. C., Pelúzio, J. M., Souza, C. M., Siqueira, G. B. & Santos, W. F. (2018). Productivity of the corn cultivated under low latitude in the inter-crop inoculated with *Azospirillum brasilense* with 16 different doses of nitrogen. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 6(1), 18-28. <https://doi.org/10.18067/jbfs.v6i1.255>.
- Conab (2022). *Acompanhamento da safra brasileira: Grãos – safra 2021/2022, Oitavo levantamento*. [Companhia Nacional de Abastecimento], 9 (9). 1-98.
- Finney, D. M. & Kaye, J. P. (2017). Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology*, 54 (2), 509-517. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12765>
- Flôres, J. A., Amaral, C. B., Pinto, C. C., Mingotte, F. L. C. & Lemos, L. B. (2017). Agronomic and qualitative traits of common bean as a function of the straw and nitrogen fertilization. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47(2), 195-201. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4743979>
- Forte, T. S., Galon, L., Beutler, A. N., Perin, G. F., Paulettl, E. S. S., Basso, F. J. M., Holz, C. M. & SANTIN, C. O. (2018). Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13 (1), 1-10. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5504>
- Garcia, D. O. (2021). Produção de biomassa de plantas de cobertura e seu efeito sobre a estrutura do solo. [Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Curso de Agronomia], *Trabalho de Conclusão de Curso*, 1-44. <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3965>
- Gomes, G. P. (2019). Influência de gotejadores com saída de água tipo fenda e cilíndrica na intrusão radicular em irrigação subsuperficial na cultura do milho. [Universidade Estadual Paulista – UNESP], *Tese Doutorado*, 1-68. <http://hdl.handle.net/11449/190902>
- Gontijo Neto, M. M., Alvarenga, R. C., Pereira Filho, I. A., Cruz, J. C. & Rodrigues, J. A. S. (2006). *Recomendações de densidades de plantio e taxas de semeaduras de culturas anuais e forrageiras em plantio consorciado*. [Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico], 137, 6. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/486576/recomendacoes-de-densidades-de-plantio-e-taxas-de-semeaduras-de-culturas-anuais-e-forrageiras-em-plantio-consorciado>
- Holtz, G. P. & Sá, J.C. de M. (1996). *Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo*. In: curso sobre manejo do solo no sistema semeadura direta, 1995, Anais. [Fundação ABC], 14 – 30.

- Klein, J. L., Viana, A. F. P., Martini, P. M., Adams, S. M., Guzatto, C., Bona, R. A., Rodrigues, L. S., Alves Filho, D. C. & Brondani, I. L. (2018). Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17 (1), 101-110. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p101-110>
- Loss, A., Ferreira, L. B., Gonzatto, R., Giumbelli, L. D., Mafra, Álvaro L., Goedel, A., & Kurtz, C. (2020). Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo após sete anos de cultivo com cebola / Effect of crop succession or rotation on soil fertility after seven years of onion cultivation. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 16587–16606. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-507>
- Malavolta, E., Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. [POTAFÓS], 2, 319
- Michelon, C. J., Junges, E., Casali, C. A. & Pellegrini, J. B. R. (2019). Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 18 (2), 230-239. <https://doi.org/10.5965/223811711812019230>
- Mohiuddin, M., Mohammed, M. K. (2013) Influence of fungicide (Carbendazim) and herbicides (2, 4-D and Metribuzin) on non-target beneficial soil microorganisms of Rhizospheric Soil of Tomato Crop. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology* ,[IOSR-JESTFT], 5 (1),47-50. e-ISSN: 2319-2402, p- ISSN: 2319-2399www. Iosrjournals.Org
- Moreira, R. C., Valadão, F. C. A. & Valadão Júnior, D. D. (2019). Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. *Revista. Ciência Agrária*, 62, 1-10. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.2865>
- Moreno, A. L. de, Kusdra, J. F. & Picazevicz, A. A. C. (2019). Crescimento do milho em resposta a *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(5), 287-294. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0025>
- Pereira Filho, I. A. *Cultivo de milho*. (2015) [Embrapa Milho e Sorgo], 9 (1), 1-12. https://www.spo.cnptia.embrapa.br/17onteúdo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658
- Pereira, A.P., Schoffel, A., Koefender, J., Camera, J. N., Golle, D. P. & Horn, R. C. (2017). Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(4), 799-807. <https://doi.org/10.19084/RCA17065>
- Portugal, J. R., Arf, O., Peres, A. R., Gitti, D. C. & Garcia, N. F. S. (2017). Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. *Revista Ciência Agrônoma*, 48 (4), 639-649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>
- Reis, U. G. F. (2020). Milho doce cultivado em sucessão a diferentes Plantas de cobertura. [Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos]. *Dissertação Mestrado*, 1-37. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1416>
- Rockenbach, M. D. A., Alvarez, J. W. R., Fois, D. A. F., Tiecher, T., Karajallo, J. C. & Trinidad, S. A. (2017). Eficiência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associado ao nitrogênio na cultura do milho. *Acta Iguazu*, 6 (1), 33-44. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v6i1.16558>
- Salman, A.K.D., Soares, J.P.G. & Canesin, R.C. (2006). *Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens*. [Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 84], 1, 6. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24669/1/ct84-pastagem.pdf>
- Santini, J. M. K., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Galindo, F. S., Coaguila, D. N. & Boleta, E. H. M. (2018). Doses and forms of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize crop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(6), 373–377. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n6p373-377>
- Santos, R. D., Pereira, L. G. R., Neves, A. L. A., Azevêdo, A. G. A., Moraes, S. A. & Costa, C. T. F. (2010). Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Acta Scientiarum*, 32(4), 367-373. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i4.9299>
- Santos, H. G. dos. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. [EMBRAPA], 5(1), 1-356.
- Silva, D. A., Vitorino, A. C. T, Souza, L. C. F. de, Gonçalves, M. C. & ROSCOE, R. (2006). Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5(1), 75-88. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n01p%25p>
- Silveira, D. C., Fontaneli, R. S., Fontaneli, R. S., Rebesquin, I. R., Dall'agnol, E., Panisson, F. T., Bombonato, M. C. P. & Ceolin, M. E. (2020). Plantas de cobertura de solo de inverno em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola*, 29(173), 18-23. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1121117>
- Soares Neto, J. C., Santos Neto, A.L., Santos, W.M., Barros, D.T.S., Souza, A. A. & Albuquerque neto, J. C. (2017). Performance of irrigated green corn cultivars in different plant populations at sowing. *Revista brasileira engenharia agrícola ambiental*, 21(4), 267-272. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p267-272>
- Souza, E.C.A. M. de. (2013). Regime pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema-MS no período de 1977 a 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) – [Universidade Federal da Grande Dourados], 1-188. <http://200.129.209.58:8080/handle/prefix/185>
- Vogel, G. F., Martinkoski, L., Jadoski, S. O. & Fey, R.(2015). Efeitos da combinação de *Azospirillum brasilense* com fungicida no desenvolvimento de trigo. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 8 (3), 73-80. <https://doi.org/10.5935/PAeT.V8.N3.08>