

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNESP-CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GABRIEL HENRIQUE RIBEIRO

**RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E DA INOCULAÇÃO OU NÃO DAS
GRAMÍNEAS ANTECESSORAS SOBRE A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM
ÁREA DE SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Ilha Solteira-SP
2024

GABRIEL HENRIQUE RIBERIO

**RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E DA INOCULAÇÃO OU NÃO DAS
GRAMÍNEAS ANTECESSORAS SOBRE A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM
ÁREA DE SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
à Faculdade de Engenharia da Unesp -
Campus de Ilha Solteira, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira-SP
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e
Documentação

R484r Ribeiro, Gabriel Henrique.
Residual da adubação fosfatada e da inoculação ou não das
gramíneas antecessoras sobre a produtividade do milho em área de
sistema plantio direto
/ Gabriel Henrique Ribeiro. -- Ilha Solteira: [s.n.],
2024 46 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de
Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Bactérias promotoras do crescimento. 2. Consórcio milho -
braquiária. 3.
Fertilidade do solo. 4. Fosfatagem.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Residual da adubação fosfatada e da inoculação ou não das gramíneas antecessoras sobre a produtividade do milho em área de Sistema Plantio Direto

ALUNO: *Gabriel Henrique Ribeiro* RA: 181052318

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 8,8

Comissão Examinadora:



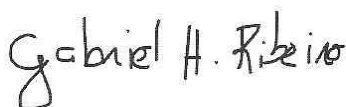
Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Viviane Cristina Modesto



Dra. Naiane Antunes Alves Ribeiro



Gabriel Henrique Ribeiro

Ilha Solteira, 20 de junho de 2024.

Dedico a Deus, aos meus pais e a todos que passaram em minha vida e contribuíram para meu crescimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pelo dom de estar vivo e poder desfrutar de toda essa fase que foi a minha graduação onde passaram muitas pessoas importantes que marcaram minha vida.

Agradeço a minha mãe Marli, ao meu pai Edilson, meu padrinho Odair e minha madrinha Neyde, os quais sempre me concederam apoio e me auxiliaram por toda vida.

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) pelo ensino oferecido ao longo de todos esses anos, e por me permitir sair capacitado ao fim do curso.

Agradeço também as pessoas que contribuíram para minha graduação, professores e colegas, ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti meu orientador que me acolheu em sua equipe e por todos os bons momentos. A Dr^a. Viviane Cristina Modesto nossa chefe no campo e grande amiga, e a todos os companheiros da Equipe Andreotti.

A todos meus amigos e em especial a República Devassa que foi e sempre será minha casa em Ilha Solteira, onde agradeço a todos pela irmandade.

RESUMO

O manejo do solo impacta diretamente na produção agrícola, podendo alterar os componentes do solo a partir do sistema adotado. Com isso, a agricultura moderna fomenta de novas técnicas visando a rentabilidade, a lucratividade e a sustentabilidade (fundamental para a estabilidade do sistema agrícola). Entre as técnicas, utiliza-se o cultivo de duas espécies a exemplo do consórcio milho-braquiária. O sistema consorciado por meio do plantio direto busca atender as premissas fundamentais para solidificar e potencializar a cultura do milho. Assim, o objetivo do estudo recai em verificar o melhor aproveitamento do residual de P_2O_5 aplicado em doses crescentes no solo e com o uso do inoculante *Azospirillum brasilense* nas gramíneas da rotação na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) localizada em Selvíria/MS. A pesquisa foi realizada em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, ou seja, cinco doses de P_2O_5 na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P_2O_5) aplicadas em 2013 e 2020, com e sem inoculação das gramíneas em rotação à soja por *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 - garantia de 2×10^8 UFC/mL) nas gramíneas da rotação de 2013 a 2021, fornecida via inoculante líquido na dose comercial de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. A utilização do inoculante na cultura do milho em consórcio com capim Paiaguás, melhora os parâmetros de produtividade do milho. E com o incremento no valor da dose de fósforo há também aumento nesses fatores.

Palavras-chave: Bactérias promotoras do crescimento vegetal; Consórcio milho – braquiária; Fertilidade do solo; Fosfatagem.

ABSTRACT

Soil management directly impacts agricultural production and can change soil components based on the system adopted. As a result, modern agriculture encourages new techniques aimed at profitability, profitability (fundamental for the stability of the agricultural system) and, consequently, sustainability. Among the techniques, the cultivation of two species is used, such as the corn-brachiaria consortium. The intercropped system through direct planting seeks to meet the fundamental premises to solidify and enhance corn cultivation. Thus, the objective of the study is to verify the best use of residual P₂O₅ applied in different doses to the soil and with the use of inoculant (*Azospirillum brasilense*). The research was carried out in a typical clayey dystrophic Red Oxisol. The use of the inoculant in corn cultivation in an intercrop with Paiaguás grass improves corn productivity parameters. And with the increase in the value of the phosphorus dose there is also an increase in these factors.

Key-words: Growth promoting bacteria; Corn – brachiaria consortium; Soil fertility; Phosphating.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consórcio milho com braquiária.....	22
Figura 2 - Dados climáticos no período do experimento.....	24
Figura 3 - Representação espacial das parcelas do experimento.....	25
Figura 4 – Histórico da área experimental.....	26
Figura 4 - Abastecimento do distribuidor com adubo de cobertura.....	28
Figura 5 - Operação de adubação de cobertura.....	28
Figura 6 - Coleta de amostras de solo para caracterização da área e Semeadura.....	28

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Estimativa Safra 2022/2023.....	18
---	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,10 m após cultivo do milho em consórcio com capim Paiaguás em Cerrado de baixa altitude, em função da adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum* *brasiliense*. Selvíria/MS (2021/22).....33
- Tabela 2 - Atributos químicos do solo na camada de 0,10 a 0,20 m após cultivo do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função da adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum* *brasiliense*. Selvíria/MS (2021/22).....34
- Tabela 3 - Atributos químicos do solo na camada de 0,20 a 0,40 m após cultivo do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função de adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum* *brasiliense*. Selvíria/MS (2021/22).....35
- Tabela 4 - Componentes da produção e produtividade do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função da adubação fosfatada e da inoculação por *Azospirillum brasiliense*. Selvíria/MS (2021/22).....36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIPE	Altura de Inserção da Primeira
Espiga ATP	Adenosina Trifosfato
BPCP	Bactérias Promotoras de Crescimento de
Plantas BPCV	Bactérias Promotoras de Crescimento
Vegetal CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DC	Diâmetro do Colmo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
MSP	Microrganismos Solubilizadores de
Fosfato NFG	Número de Fileiras de Grãos por
Espiga NGF	Número de Grãos por Fileira
SPD	Sistema Plantio Direto
UNESP	Universidade Estadual
Paulista VT	Pendoamento

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REVISÃO DE LITERATURA	13
1.1 Agricultura sustentável	13
1.2 Sistema Plantio Direto-SPD	14
1.3 Cerrado brasileiro.....	16
1.4 Aspectos gerais sobre a cultura do milho.....	17
1.5 Capim BRS Paiaguás	19
1.6 <i>Azospirillum brasilense</i>	19
1.7 Consórcio de culturas	20
1.8 Importância dos nutrientes na agricultura com foco no fósforo	22
1 MATERIAL E MÉTODOS	24
2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

INTRODUÇÃO

A grande demanda por alimentos frente o crescimento populacional, a tendência à padronização de consumo, a exploração de recursos naturais e os investimentos econômicos, fizeram com que os sistemas agrícolas buscassem por práticas e tecnologias sustentáveis de produção, no intuito de obter e garantir a oferta de alimentos com menor impacto socioambiental, ou seja, uma produção sustentável.

Dentre as deficiências nutricionais no solo do Cerrado, destaca-se o fósforo pela baixa concentração disponível e a predominância de acidez, sendo assim, a produção agrícola fica limitada, uma vez que o P é um macronutriente de suma importância para o desenvolvimento e crescimento das plantas (SOUSA; LOBATO, 2004, p. 325).

Nos últimos tempos vários estudos substanciais estão sendo realizados no intuito de suprir essas deficiências do solo, bem como o sistema de produção e suas cadeias produtivas. Neste aspecto nutricional, a erosão também é outro fator preocupante por provocar perdas de culturas, restringindo a produção de alimentos (LEGAZ et al., 2017), portanto, medidas protetivas como a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) tornam-se cada vez mais necessárias nos sistemas de produção agropecuários. Nesse contexto, o cerrado apresenta potencial para o desenvolvimento agrícola a partir da geração de tecnologias que permitiram alterar um solo com baixa fertilidade e ácido, em solos propícios para desenvolvimento agrícola, por meio da correção do solo e adubação (LONDERO et al., 2020).

Outra técnica sustentável nos sistemas agrícolas é o uso as Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV) ou Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP), pois são grandes aliadas quando o assunto é promover melhorias no meio ambiente, auxiliando no crescimento radicular e vegetativo, capazes de colonizar a rizosfera, a superfície das raízes das plantas ou os espaços intercelulares. A partir do uso de bactérias como a *Azospirillum brasilense*, podem surgir novas perspectivas por meio da inoculação para o cultivo de diferentes culturas em rotação nos sistemas agrícolas (AMARAL et al., 2017).

O consórcio milho-braquiária permite melhor uso da terra e sustentabilidade do sistema agrícola, além de permitir que o solo seja explorado durante todo o ano ou, na maior parte dele, que juntas otimizam os recursos disponíveis no solo. Assim, é possível viabilizar o plantio direto como tecnologia para exploração racional em solos de cerrado.

Com a busca pela intensificação da agricultura sustentável, práticas sustentáveis e conservacionistas estão sendo inseridas no cenário agrícola. O uso do plantio direto e a inoculação das sementes por BPCP são exemplos dessas práticas. Nesse aspecto, é válido questionar se as tecnologias de inoculação são compatíveis com a premissa da sustentabilidade agrícola.

Mesmo sendo um assunto recorrente, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas em lavouras sobre diversos aspectos relacionados ao consórcio milho- braquiária, no intuito do produtor obter conhecimento ao decidir pelo melhor investimento. Outro aspecto fundamental das pesquisas, é o fato de permitir a consolidação do SPD em áreas de cerrado, com resultados positivos sobre as culturas subsequentes, bem como a conservação dos recursos naturais (CECCON, 2013).

Ademais, com a elevação do custo da energia e de insumos, além de outras questões envolvendo importantes países produtores, fizeram com que o preço dos fertilizantes com base em potássio, fósforo e nitrogenados batessem recordes de preço no mercado global e, por conseguinte, provocaram uma preocupação com o desabastecimento desses produtos para as próximas safras. Por isso, é urgente que o Brasil procure alternativas viáveis para garantir a fertilização das lavouras (CANAL AGRO, 2021), e diante deste cenário, atrelado às mudanças climáticas globais, justifica-se a delimitação da temática de agricultura sustentável.

Assim, o objetivo do estudo recai em verificar a produtividade do milho em função dos tratamentos de fósforo residual aplicado em doses crescentes no solo, e a possível interação pelo uso ou não de inoculante com *Azospirillum brasilense* nas gramíneas da rotação, em área sob SPD há 18 anos.

1 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão literária permite fundamentar e nortear a temática formulada sobre o consórcio entre milho e braquiária utilizando inoculante como foco no melhor aproveitamento do fósforo. Autores como Ceccon (2016); Andrade et al. (2019); Penteado et al. (2021); Louise (2022), entre outros subsidiaram na contextualização do presente estudo.

1.1 Agricultura sustentável

Em função da degradação ambiental, FRANCO et al. (2019) corrobora que com uso indevido dos recursos naturais, entre outras práticas, na exploração de áreas destinadas ao plantio, ao longo dos séculos, é inevitável que o ambiente natural respondesse à intervenção humana. Por conseguinte, desencadeou sérios problemas ambientais, e agora, é necessário encontrar um equilíbrio entre o meio ambiente e as práticas humanas para atender a demanda alimentar da humanidade e da economia, ou seja, é possível aumentar a produtividade agrícola sem comprometer o meio ambiente. Para isso, é preciso buscar estratégias para uma agricultura sustentável com produção em maior escala.

A expressão sustentabilidade ganhou ênfase na década de 1980 no intuito de tentar definir uma agricultura sustentável, *“indicando o desejo de um novo padrão produtivo que garanta a segurança alimentar sem agredir o ambiente”* (BITTAR, 2011). A partir de então, a tecnologia e as pesquisas científicas passaram a fundamentar as questões agrícolas.

A ciência e a tecnologia são grandes aliadas, não só quando o assunto é poupar o incremento de áreas agrícolas, mas sim utilizar do conceito de produtividade. Na cadeia agrícola da soja, foi poupado o equivalente aos territórios da Irlanda e Itália juntos (MORETTI, 2021). O produtor rural por meio das práticas agrícolas alimenta o futuro, e o Brasil tem um papel fundamental para o desenvolvimento sustentável no mundo (COSTA, 2021).

Uma produção intensificada e sustentável de culturas, busca aumentar a produção em unidade de área por meio de melhoramento, recomposição dos nutrientes no solo, inserção de polinizadores nas culturas, dentre outros fatores (BORLACHENCO e GONÇALVES, 2017).

Nesse cenário, a rotação de culturas é outro fator que muitas vezes não é defendida pelo agricultor, pelo fato de ser limitada pela falta de planejamento, e com isso, tem sido substituída pela sucessão de componentes vegetais. Nesta linha de pensamento, Mansur (2020) corrobora no sentido de que, embora a rotação de culturas seja tecnicamente recomendada pelos seus benefícios no controle da propagação de pragas e doenças e na ciclagem de nutrientes, a decisão final fica por conta do agricultor.

Nota-se que com o aprimoramento das técnicas produtivas, novos métodos foram desenvolvidos no intuito de fazer uso dos recursos disponíveis de forma racional, visando o desenvolvimento da genética da cultura, o melhoramento do solo entre outras técnicas, a exemplo do consórcio de culturas que também é considerada como uma prática sustentável. O consórcio de gramíneas e leguminosas é uma das alternativas para recuperação de áreas de pastagens que apresentem algum estágio de degradação, além de outros benefícios como o de minimizar processos de erosão, a menor custo, e recuperação de pastagens (EDVAN, 2018). Além do mais, promove aumento na produtividade, diminui custos e minimiza o uso de fertilizantes danosos ao meio ambiente (GALINDO et al., 2019).

1.2 Sistema Plantio Direto-SPD

Um dos caminhos da sustentabilidade em sistemas produtivos é o SPD, método considerado conservacionista de preparar a terra para fins agropecuários, objetivando a rentabilidade do sistema agrícola produtivo mediante o potencial genético, edáfico e ambiental. A adoção deste sistema de manejo propicia a melhoria da qualidade de solo, água e ar, aumentando e estabilizando a renda da agropecuária (EMBRAPA, 2022).

Historicamente, em 1965 ocorreram os primeiros experimentos com SPD no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e em 1969 na área experimental do Ministério da Agricultura em Não-Me-Toque (RS), enquanto que na década de 1970, em Rolândia (PR), o SPD passou a ser aplicado com fins comerciais. Dez anos depois, as técnicas estavam difundidas em áreas produtoras de grãos

na região Sul e em todo Cerrado brasileiro, marcado pela produção de importantes *commodities* agrícolas, como a soja e o milho (RODRIGUES e PUGAS, 2021).

Em 1992 houve o maior registro de plantio direto no Brasil, época em que foi criada a Federação Brasileira do Plantio Direto na Palha e a Associação do Plantio Direto no Cerrado (LOUISE, 2022), completando 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade no agronegócio.

Estima-se que cerca de 33 milhões de hectares são destinados à produção de cereais no país (LOUISE, 2022). Desta área, apenas 20% utilizam o SPD que respeita adequadamente os três pilares: de ausência de revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura permanente do solo com palha (REGINA, 2022).

Para atingir seu potencial de benefícios, o SPD carece de ser acompanhado de uma maior diversidade em sua rotação de cultivos, incluindo espécies vegetais melhoradoras/condicionadoras do solo, além de proporcionar cobertura vegetal, que promova a ciclagem de nutrientes e por conseguinte, incrementos dos estoques de carbono e nitrogênio, visando a melhoria das propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo em geral, mitigação de gases de efeito estufa, controle de plantas daninhas, pragas e doenças (SILVA et al., 2022).

Ao longo dos últimos 50 anos, o SPD em função de suas técnicas, ganhou destaque quando o assunto é produção sustentável, pois segundo Gomes (2022),

[...] É a técnica onde conseguimos, por excelência, associar a boa produtividade com a conservação do solo e da água. No plantio direto estamos imitando a natureza e na natureza não há revolvimento de solo.

Tecnologias importantes como SPD tem contemplado não só o preparo mínimo do solo, mas também a prática de rotação de culturas, e novas modalidades associadas ao sistema tem destaque atual como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (MACEDO e ARAÚJO, 2019), que juntos são capazes de proporcionar maior sustentabilidade econômica e ambiental (CABRAL, 2023).

Os autores até aqui citados atentam ainda para a preferência em alternar as culturas como soja, milho, arroz e feijão com adubos verdes a exemplo da crotalária, mucuna e gramíneas como o milheto e braquiárias, pelo recobrimento eficaz do solo, aumento produtivo das culturas sucessoras e elevada ciclagem de nutrientes.

Reconhecida mundialmente como uma prática ambientalmente correta e sustentável, segundo (MOTTER et al., 2015) o SPD é,

[...]capaz de reduzir as ações nocivas da erosão do solo, melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e mitigar os efeitos provocados pelas emissões de gases de efeito estufa, além de incrementar a biodiversidade e contribuir positivamente para o ciclo hidrológico.

Assim, o SPD é uma técnica conservadora e inovadora que permite sustentar a melhoria e a qualidade do solo com respostas positivas quando o cenário está voltado para a sustentabilidade nas atividades agrícolas, sendo o Brasil, o detentor da melhor tecnologia de Plantio Direto na Palha do mundo (ROOS et al., 2015).

1.3 Cerrado brasileiro

O Cerrado brasileiro é usado para designar o conjunto de ecossistemas como as matas, savanas, campos e matas de galeria espalhadas no Brasil Central (RIBEIRO SANO e SILVA, 1981). Possui *“vegetação com diferentes fitofisionomias que apresentam camadas herbáceas (parcial ou contínua) e arbustivas, e/ou camadas arbóreas (abertas ou fechadas)”* (BITTAR, 2011, p.2).

O Cerrado até a década de 1960 era considerado um bioma impróprio para a produção agrícola, e a partir de grandes investimentos tecnológicos, de estratégias de gestão e manejos sustentáveis foi que o bioma tomou novos rumos. O novo cenário transformou o Cerrado em uma das regiões de maior produtividade do país, principalmente, em termos de agroenergia, bovinocultura e produção de grãos. Cerca de 23% do território brasileiro é composto pelo cerrado, que é o segundo maior bioma do país, com 205 milhões de hectares, isso representa quase um quarto de todo território nacional (FERREIRA, 2023).

Graças a geração de tecnologias, tem se verificado que é permitido transformar solos altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes, em solos agricultáveis. Contudo, são necessários grandes investimentos no que se refere a correção e adubação no curto, médio e longo prazo, a chamada “construção” da

fertilidade, que promove o desenvolvimento adequado do sistema produtivo (LONDERO et al., 2020).

No uso agrícola, a fertilidade do solo quando combinada ao uso apropriado de corretivos e fertilizantes, com a época adequada de instalação das culturas, pode proporcionar alta rentabilidade ao produtor (FONSECA et al., 2019). A evidência, até agora, é de que o cerrado desfruta de vantagens comparativas na produção agrícola, pelo potencial de crescimento em área, além da imensa base de recursos naturais e pelo contínuo progresso tecnológico (BITTAR, 2011).

A ocupação e potencial do Cerrado identifica-se em função de três fatores distintos: 1) melhoramento genético, com cultivares e espécies de plantas e animais, adaptadas às condições edafoclimáticas do território; 2) fertilidade do solo, com correção e adubação desenvolvidos para melhorar o solo em profundidade e 3) advento da mecanização, pois as áreas são normalmente planas, e permitem o uso de máquinas maiores, eficientes e econômicas em termos de resultado (RODRIGUES, 2021).

1.4 Aspectos gerais sobre a cultura do milho

O milho é cultivado em grande parte do mundo, pertence à família *Gramineae/Poaceae* e é originado há mais de 8000 anos. Destaca-se na alimentação humana e animal, pela composição nutricional, por conter parte dos aminoácidos necessários na dieta, por apresentar potencial como biocombustível, pela representatividade no setor econômico, entre outros fatores como a larga escala produtiva no país (BARROS e CALADO, 2014).

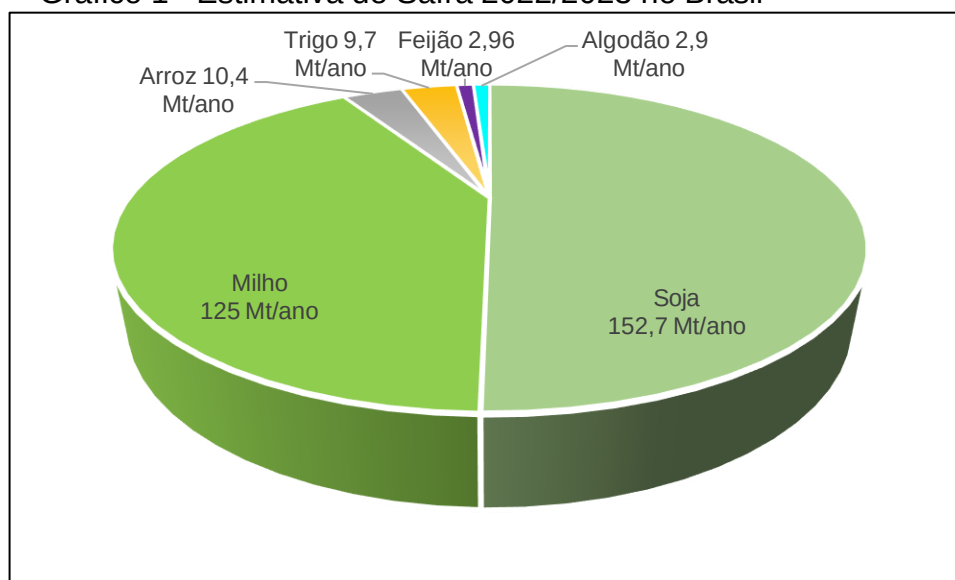
Em meio à larga escala produtiva, a cultura destaca-se nas políticas de créditos de investimentos, melhores condições de seguros e preços, corte de subsídios, linhas de créditos, uso de insumos, entre outros fatores que subsidiaram na representatividade produtiva, ou seja, o Brasil promoveu várias reformas no sistema agrícola, segundo (GASQUES et al., 2022),

[...]Os investimentos na pesquisa, na fixação biológica de nitrogênio, na adoção do plantio direto e na manutenção dos sistemas integrados (lavoura-pecuária- florestas) mostraram-se bastante viáveis para as condições tropicais do país.

Nesse cenário, a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023),

exibe resultados expressivos para a safra 2022/2023, onde a produção do milho perde apenas para a principal cultura no território brasileiro, a soja, que deve registrar novo recorde nacional. A estimativa para a safra 2022/2023 é que a produção de soja deve atingir 152,7 milhões de toneladas, distribuídas em quase todo território brasileiro. Seguido pelo milho, com perspectiva de 125 milhões de toneladas, na sequência aparece o trigo com 9,77 milhões de toneladas, o algodão que deve chegar à marca de 3 milhões de toneladas, e o arroz que deve alcançar 10,4 milhões de toneladas, fechando o cenário com a produção de feijão prevista para 2,96 milhões de toneladas, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Estimativa de Safra 2022/2023 no Brasil



Fonte: CONAB (2023)

O aumento na produção se deve ao aumento da área cultivada e as inovações tecnológicas incorporadas nos sistemas de produção (MENTEN, 2023). Especificamente para o milho, são destaques o alto valor econômico ao ser utilizado na alimentação humana, animal e como matéria-prima na indústria de alta tecnologia, tornando o país um dos maiores produtores e exportadores mundiais desse grão (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2021).

Devido à grande quantidade de palha deixada sobre o solo após colheita de grãos, a cultura do milho tem importante papel na rotação de culturas, proporcionando aumento de matéria orgânica e conservação do solo, o que pode incrementar a produtividade das culturas em sucessão (FAVARATO et al., 2016).

1.5 Capim BRS Paiaguás

O capim *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás é reconhecido pela excelente opção de braquiária para a diversificação de pastagens em solos do cerrado, pois além de boa produtividade, tem adequado valor nutritivo, vigor e elevado potencial de produção de massa, destacando-se como principal vantagem a tolerância aos déficits hídricos no período de seca, com adequado acúmulo de forragem sobre o solo. Seu cultivo apresenta resultados satisfatórios no controle de plantas daninhas sob pastejo mais intensivo e de fácil utilização em consórcio com milho safrinha, para produção de forragem de outono-inverno e/ou de palhada para plantio direto após ciclos de pastejo (EMBRAPA, 2013).

1.6 *Azospirillum brasilense*

Para aumentar a produtividade, sem impactar o ambiente natural, é interessante o uso de plantas com alto potencial genético, aliadas ao uso dos recursos biológicos do solo, e como exemplo, as bactérias diazotróficas, em especial as do gênero *Azospirillum* (ANDRADE et al, 2019).

O gênero *Azospirillum* caracteriza-se como bactéria Gram-negativa, pertencentes à subdivisão Proteobacteria, aeróbica, não-fermentativa, vibróide, e que, grande parte delas, atuam como Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP), as quais abrangem um grupo de microrganismos benéficos para as plantas, em função da capacidade de colonizar superfícies radiculares, da rizosfera e da filosfera, bem como tecidos internos da planta, encontradas em quase todos os lugares do solo. Por ser impulsionada em práticas sustentáveis na agricultura, a utilização de inoculantes bacterianos tem crescido consideravelmente nos sistemas agrícolas (REIS et al., 2010).

O uso das BPCPs como a *Azospirillum* apresentam resultados eficazes quando se trata de reduzir o uso de insumos químicos, pois além de diminuir os efeitos causados por estresses bióticos e abióticos, podem proporcionar aumento da produtividade da cultura (FERREIRA, 2017). O *Azospirillum* proporciona ganhos em rendimento em diversas culturas, mas com variações para as condições do clima e do solo (CUNHA e RIBEIRO, 2019).

Outras características do gênero *Azospirillum* são destacadas por promover fixação biológica de nitrogênio, promover aumentos da superfície de absorção das raízes, com aumento do volume do solo explorado, fundamental na absorção de água e nutrientes pouco móveis, a exemplo do fósforo (ANDRADE et al., 2019).

Durante a década de 1970, após estudos utilizando o *Azospirillum brasilense*, foi descoberta a capacidade da bactéria de fixar nitrogênio nas plantas, principalmente nas culturas de milho, trigo e arroz, além de outros benefícios como estimular o crescimento das plantas, mesmo em condições de salinidade, condições ácidas do solo, estresse hídrico e limitação de recursos de carbono e aumento da produção de diferentes hormônios vegetais, incluindo auxinas. Mostrou-se também capaz de produzir poliamina, responsável pelo aumento do crescimento radicular e aliviar o estresse osmótico (CANAL AGRO, 2021).

O aumento de produtividade do milho em inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* é um tema que está entre as pesquisas sustentáveis. A inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* tem se mostrado um manejo de qualidade e de baixo custo nas atividades agrícolas (FREITAS, 2022). Assim, a inoculação de milho com *Azospirillum* é uma prática que visa promover o crescimento radicular da planta, isto posto, resulta no melhor aproveitamento dos recursos do solo (PENTEADO et al. 2021).

1.7 Consórcio de culturas

O consórcio de culturas é um sistema de produção que permite o cultivo simultâneo em uma mesma área, considerada uma técnica antiga, praticada há séculos por pequenos produtores, principalmente na agricultura familiar, no intuito de obter variedade de alimentos e aproveitar o pequeno espaço para cultivo simultâneo de várias espécies com características diferentes e com o máximo de benefícios de recursos disponíveis (HERNANI; SOUZA; CECCON, 2021). Ainda segundo os autores, essa técnica permite auxiliar no controle de plantas daninhas, promove a cobertura viva e morta do solo durante maior período de tempo e sobretudo maximiza o aproveitamento da água disponível no solo, principalmente em regiões onde ao longo do ano ocorrem os períodos de chuva e

de seca.

Usualmente, o cultivo de milho safrinha ocorre após a colheita da soja, em sistema de sucessão, e neste cenário, destaca-se o consórcio milho com braquiária.

A origem da cultura consorciada no Brasil marcou início em 1990, por meio de estudos e desenvolvimento de diferentes culturas consorciadas com forrageiras perenes (SEMENTES BIOMATRIX, 2021).

Entretanto, somente em 2001 foi divulgado o consórcio da cultura de milho com a forrageira braquiária. Na época esse consórcio foi denominado “Sistema Santa Fé”, por ser avaliado na Fazenda Santa Fé, no município de Santa Helena de Goiás/GO. O consórcio envolvia a *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* cv. Marandu, no intuito de reformar pastagens degradadas. O resultado foi um sucesso desde as primeiras avaliações, e a partir de então a técnica do consórcio milho-braquiária se espalhou pelo Brasil (SEMENTES BIOMATRIX, 2021).

1.7.1 Consórcio: milho-braquiária

A Figura 1 permite visualizar o consórcio milho-braquiária conhecido como “*sistema de produção que viabiliza cultivo simultâneo de milho e braquiária numa mesma área, ao longo do mesmo período. O consórcio milho braquiária é a porta de entrada da ILPF na propriedade*” (CECCON, 2016).

Figura 1 - Consórcio milho com braquiária



Fonte: Sementes Biomatrix (2021)

O consórcio milho-braquiária proporciona de fitomassa, com maior disponibilidade de massa vegetal e conservação do solo, uma tecnologia que viabiliza a adoção do Sistema Plantio Direto (RIBEIRO et al., 2018). Um dos fatores de adaptação do milho ao sistema de cultivo consorciado com a braquiária ocorre em função do milho crescer mais rápido do que a braquiária quando ela, ainda encontra-se em condições de sombreamento (GONDER, 2021).

Nesse cenário, as semeadoras atuais de milho já são comercializadas com uma caixa adicional para a distribuição de sementes da forrageira, adaptação também realizada para viabilizar a semeadura da braquiária no mesmo dia do milho (RICHETTI et al., 2019).

Em casos específicos, o milho em consórcio pode produzir menor quantidade de grãos, em relação ao seu cultivo solteiro, pelo fato da planta forrageira competir por água, luz e nutrientes (CECCON, 2013). Nesse aspecto, independentemente da época de implantação, as plantas disputam pelos mesmos recursos: água, luz, nutrientes, O₂, CO₂ e espaço, durante o desenvolvimento das espécies (ARAÚJO et al., 2018), devendo ser foco de pesquisas que viabilizem a convivência das plantas em consórcio.

1.8 Importância dos nutrientes na agricultura com foco no fósforo

Os nutrientes, em geral, são fundamentais na manutenção de alta

produtividade e na regulação do metabolismo das plantas, cada qual com sua devida importância. Grande parte das plantas se nutre a partir do que é retirado da solução do solo, uma vez que uma boa produção agrícola requer atenção especial aos nutrientes, sejam eles macronutrientes ou micronutrientes, sendo o fósforo (P) o grande responsável pelo desenvolvimento e crescimento inicial da raiz, bastante utilizado nas práticas agrícolas, visto que os solos brasileiros são naturalmente pobres em fósforo (PENTEADO et al., 2021).

O P merece destaque na pesquisa pela representatividade no desenvolvimento das plantas, principalmente em solos da região do cerrado, onde seus teores na solução dos solos, geralmente são muito baixos. Essa característica, acompanhada à alta capacidade dos solos em reter o P na fase sólida, é a grande limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola (SOUSA e LOBATO, 2004).

Por ser um dos nutrientes mais requeridos para as culturas agrícolas, o P deve sempre estar em equilíbrio com a quantidade disponível de nutrientes, além disso, sua liberação em solos mais velhos e intemperizados, como é o caso dos solos de Cerrado, é naturalmente muito baixa, sendo de extrema necessidade a prática da adubação fosfatada para o adequado desenvolvimento das culturas (FREITAS, 2022).

Nesse aspecto, é necessária a análise química do solo para melhor equilíbrio nutricional a partir da aplicação de adubos fosfatados. A resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie e variedade vegetal cultivada e das condições climáticas (SOUSA e LOBATO, 2004). Os autores acrescentam que, a ausência do P limita o desenvolvimento e crescimento da planta, limitando sua produtividade e diminui o ciclo de vida da planta.

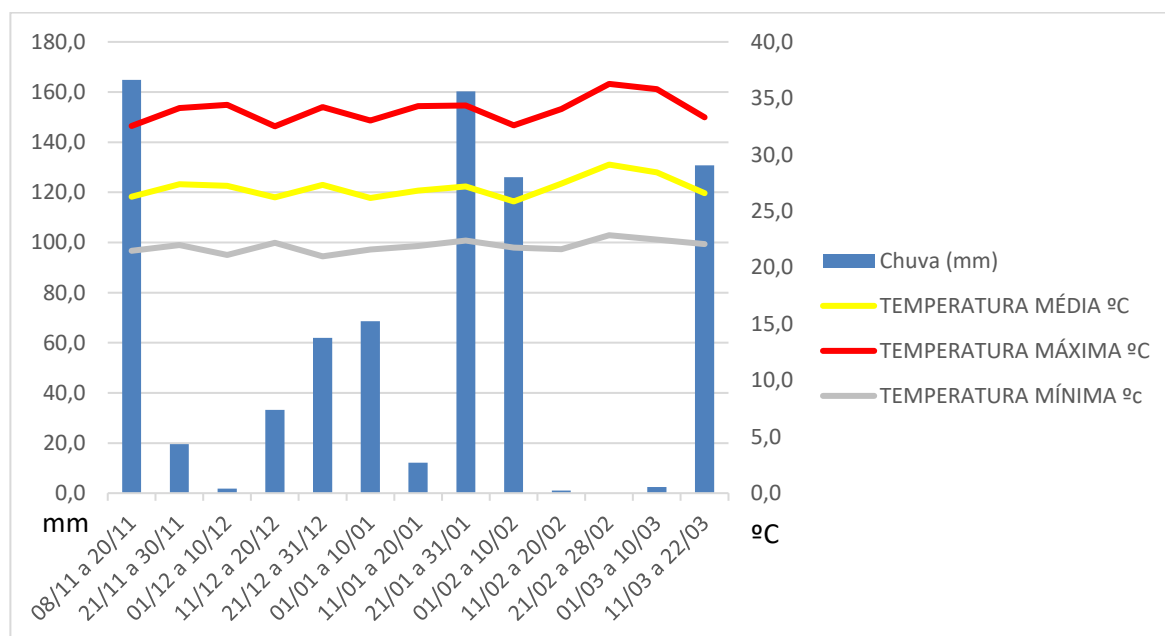
Outra alternativa para disponibilizar P para as plantas está no uso de microrganismos solubilizadores de fosfato (MSP) no solo, basicamente fungos e/ou bactérias que são capazes de solubilizar ou mineralizar P, em processos que podem suprir a demanda deste nutriente para as plantas (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2021). Em geral, *“os MSP são associativos e não apresentam a capacidade de suprir a demanda total de P da planta, mas sim de melhorar o aproveitamento desse nutriente”* (OLIVEIRA-PAIVA, et al., 2021).

1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia (FEPE), Campus de Ilha Solteira/Unesp (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria - MS (20°20'S e 51°24'W, altitude de 335 m), num LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS *et al.*, 2018).

O relevo é caracterizado como moderadamente plano, o clima é descrito como tropical úmido, Aw, conforme classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Durante a realização do experimento foram coletados junto à estação meteorológica situada na FEPE da FE/UNESP os dados mensais referentes à temperatura média diária do ar e a precipitação pluvial no período em que foi realizado o experimento.

Figura 2. Dados climáticos de temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial obtidas na estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP, no município de Selvíria - MS, durante o período de condução do experimento.



Fonte: Próprio autor (2021/2022). Estação meteorológica do laboratório de irrigação e drenagem localizado na FE/Unesp-Ilha Solteira.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, ou seja, cinco doses de P_2O_5 na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P_2O_5) aplicadas em 2013 e 2020, com e sem inoculação das gramíneas em rotação à soja por *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 - garantia de 2×10^8 UFC/mL) nas gramíneas da rotação de 2013 a 2021, fornecida via inoculante líquido na dose comercial de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. Cada parcela experimental (Figura 3) consiste de 4,4 metros de largura por 10 metros de comprimento, totalizando 44 m².

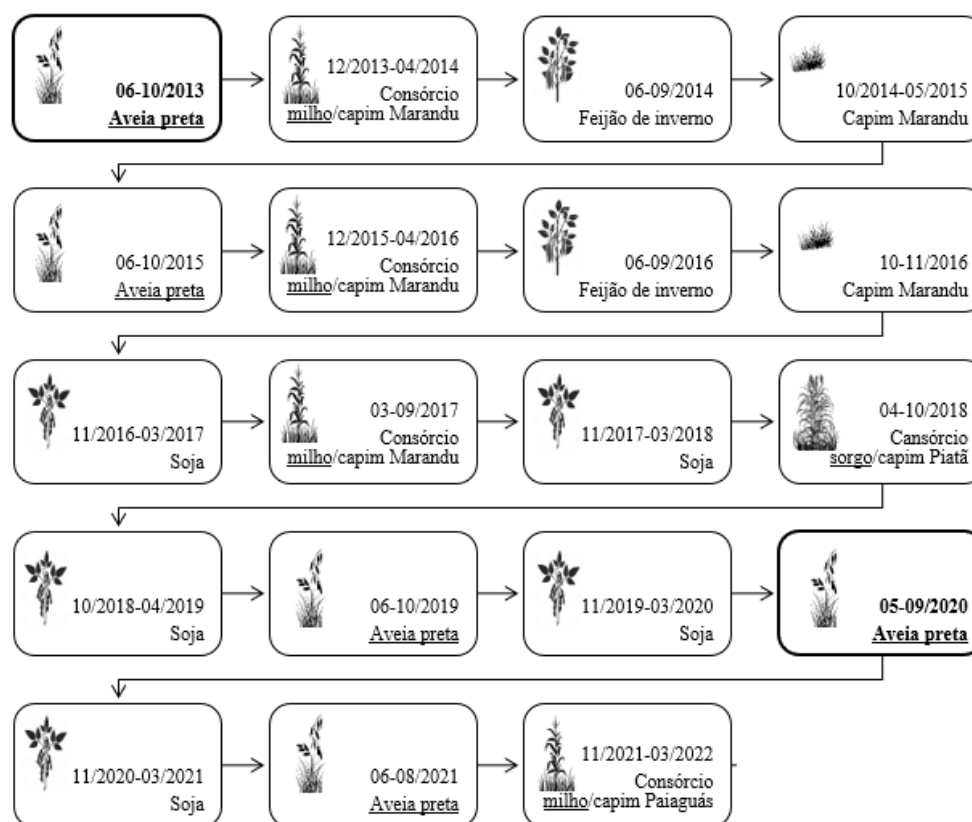
Figura 3. Croqui da área experimental sob o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5x2, sendo as doses de fósforo 0; 30; 60; 120; 240 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e a inoculação ou não das gramíneas do sistema com *A. Brasilense*.

Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	BLOCOS							
	A	B	C	D	A	B	C	D
	30	0	120	60	30	0	120	60
	120	60	240	30	120	60	240	30
	240	30	60	0	240	30	60	0
	60	120	0	240	60	120	0	240
	0	240	30	120	0	240	30	120
SEM INOCULAÇÃO				COM INOCULAÇÃO (<i>A. brasilense</i>)				

Fonte: RIBEIRO, 2024.

A área experimental possui histórico de cultivo com culturas anuais em SPD há 18 anos.

Figura 4. Histórico de cultivos na área experimental



Fonte: RIBEIRO, 2024.

O solo estava na safra anterior (2020/2021) com a cultura da soja e na entressafra foi utilizada a aveia preta (cv. EMBRAPA 29) com ou sem inoculação por

A. brasilense, a qual foi dessecada em setembro de 2021, para posterior semeadura direta do milho consorciado com o capim Paiaguás.

Até o ano 2019 não houve a necessidade de adubação fosfatada, sendo até então avaliado somente o efeito residual do fósforo aplicado em 2013, aplicando-se conforme a necessidade, apenas N e/ou K₂O em cobertura (Figuras 4 e 5), de acordo com cada cultura em rotação.

Após a colheita da soja na safra 2019/20 foi realizada análise química de solo (Figura 6), nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, coletadas em 10 pontos distintos dentro de cada parcela, que após secas ao ar foram homogeneizadas, moídas e passadas em peneiras a 100 mesh e analisadas

segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), onde foram obtidos os seguintes resultados: pH 4,8 (CaCl_2); 23,2 g dm^{-3} de M.O.; 4,7 mg dm^{-3} de P (resina); 17, 13 e 2,11 mmol c dm^{-3} , respectivamente, para Ca, Mg e K; 36,2 mmol c dm^{-3} de acidez potencial (H+Al), 66,96 mmol c dm^{-3} de capacidade de troca catiônica (CTC) e 45,30% de saturação por bases (V %).

Com base na análise química do solo, constatou-se que os teores de P encontravam-se, em média, abaixo de 5 mg dm^{-3} , optando-se então pela reaplicação do fósforo na área, que foi realizada na safra da aveia preta em maio de 2020 na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5), aplicados a lanço na semeadura da aveia preta (cultivar EMBRAPA 29). No dia da adubação de semeadura da aveia preta, corrigiu-se a quantidade de N pelo uso de ureia, uma vez que o MAP continha 12% de N.

Anteriormente à implantação do consórcio de milho com capim Paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás), com o objetivo de formação de palhada, as plantas da área foram dessecadas com os herbicidas Glyphosate (4 L ha^{-1} do p.c.).

A semeadura das plantas em consórcio foi realizada em 08/11/2021 com a inoculação ou não das sementes de milho com *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 - garantia de 2×10^8 UFC/mL), fornecida via inoculante líquido na dose comercial de 100 mL 25 kg $^{-1}$ de sementes, momentos antes da semeadura. As sementes de capim Paiaguás (VC=80%) foram acondicionadas na terceira caixa da semeadora, sendo colocadas nas entrelinhas do milho.

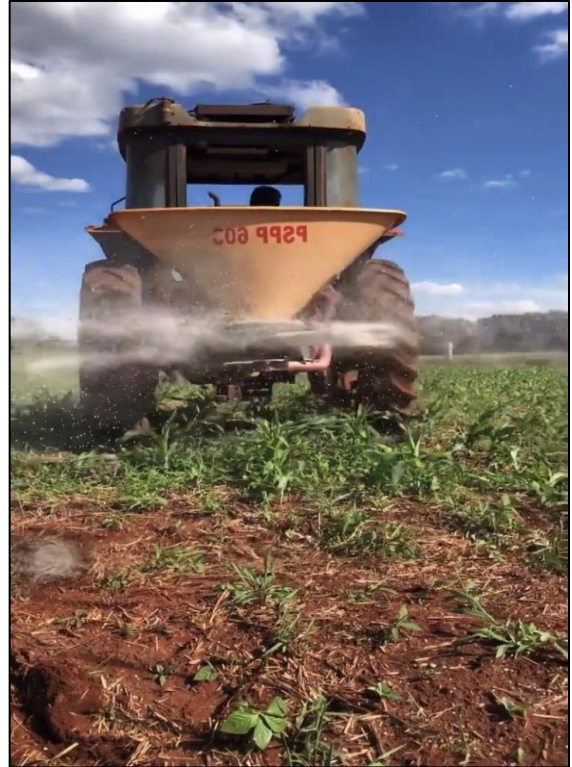
O milho híbrido 22S18 TP2 foi semeado com uso de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD, na densidade de 3,3 sementes m^{-1} e em espaçamento de 0,45 m entrelinhas, enquanto o capim BRS Paiaguás foi colocado nas entrelinhas do milho com gasto de 7,8 kg ha^{-1} de sementes. Na semeadura do milho foram utilizados 100 kg ha^{-1} de KCl, e em V3 das plantas foi realizada a adubação de cobertura (Figuras 4 e 5) com 500 kg ha^{-1} do formulado 20- 00-20 no dia 07/12/2021.

Figura 5 - Abastecimento do distribuidor de com adubo de cobertura



Fonte: arquivo próprio (2021)

Figura 6 - Operação de adubação cobertura



Fonte: arquivo próprio (2021)

Figura 7 - Coleta de amostras de solo para caracterização da área e semeadura



Fonte: arquivo próprio (2021)

Os tratos culturais do milho foram realizados com o objetivo de controlar preventivamente o ataque de pragas (02/12/2021), e com aplicação de herbicida 2,4-D (1 L ha^{-1} do produto comercial) para controle de plantas daninhas quando o capim Paiaguás estava em fase de perfilhamento (10/01/2022).

A colheita do milho foi realizada em 22/03/2022, momento em que foram coletadas as espigas presentes em 10 metros lineares, dentro de cada parcela, para determinação do número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF) e por espiga (NGE) e massa de 100 grãos (M100 - 13% de umidade na base úmida). Além disso, realizou-se a contagem do número de plantas em 10 metros lineares para determinação da população final (POP), na qual foi extrapolada para hectare. Para determinação dos componentes morfológicos foram mensuradas a altura das plantas (ALTP), de inserção da primeira espiga (AIPE) e diâmetro basal do colmo (DC) nas mesmas plantas coletadas para determinação dos componentes da produção.

Para determinação da produtividade de grãos (PG), as espigas da área útil de cada parcela (2 linhas de 5 m de comprimento) foram arrancadas e submetidas a trilha mecânica, pesando-se os grãos de cada parcela, sendo os dados transformados em kg ha^{-1} (13 % base úmida).

Ao final do cultivo do milho em consórcio com o capim Paiaguás foram avaliados os atributos químicos do solo (abril e maio de 2022), coletando-se 10 amostras simples para compor uma amostra composta por parcela, para posterior análise conforme Raij et al. (2001) (fertilidade do solo) nas camadas de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m (Figura 5)

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). As médias de com ou sem inoculação foram comparadas por teste de t (Student) a 5

% de probabilidade, enquanto as doses residuais da adubação fosfatada foram submetidas à regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos componentes morfológicos do milho (Tabela 1), houve diferenças significativas nos tratamentos com inoculação em relação aos sem inoculação com *A. brasiliense*, com maior altura de plantas (ALTP), de inserção da primeira espiga (AIPE) e diâmetro de colmo (DC) com inoculação. Resultado este similar ao observado por Dickmann et al. (2022) na mesma área da presente pesquisa, onde a utilização do inoculante influenciou nos atributos morfológicos do milho, pelo efeito da bactéria em promover a liberação de fitohormônios de crescimento vegetal (ANDRADE et al, 2019), mesmo em consórcio com capim Paiaguás. Em contrapartida, Cavallet et al. (2000) constataram que a inoculação não teve efeito sobre aumento da altura de plantas, pois como citado por Cunha e Ribeiro (2019), a *Azospirillum* proporciona ganhos em rendimento em diversas culturas, mas com variações nas respostas por cultura, cultivar dentro das diversas condições de clima e do solo.

Ainda segundo Cavallet et al. (2000), houve aumento significativo da produtividade do milho em até 17% de incremento, porém neste trabalho não foi sustentada essa afirmação (Tabela 1), pois pelas condições climáticas desfavoráveis de déficit hídrico atrelado às ondas de calor (Figura 2), não houve aumento significativo na produtividade de grãos de milho, mesmo com valores maiores nos tratamentos com inoculação.

Também Silva Junior et al. (2021) obtiveram resultados que corroboram com o apresentado neste trabalho, onde a presença do inoculante incrementou nos parâmetros morfológicos de altura de plantas (ALTP), porém sem efeito no diâmetro de colmos (DC), mas em cultivo exclusivo de milho.

Segundo Dartora et al. (2013), ao avaliar a germinação de plântulas de milho com a utilização de inseticida + fungicida + *A. brasiliense*, verificaram que não houve prejuízo no desenvolvimento inicial das plântulas com a utilização do tratamento de sementes. Porém, na Tabela 1 constata-se que a população de plantas (POP) de milho nas áreas com inoculação foram significativamente menores que nas não inoculadas. Entretanto, cabe destacar que a produção de palhada antecessora foi maior nas áreas inoculadas, o que pode ter prejudicado a operação de corte e colocação das sementes no processo de semeadura.

Para os componentes da produção, número de fileiras de grãos por espiga

(NFG), de grãos por fileira (NGF), de grãos por espiga (NGE) e massa de cem grãos (M100) que definem em si a produtividade de cada parcela, não houve diferença significativa entre com ou sem inoculação. Resultado este que pode ser atribuído às condições climáticas desfavoráveis no período de condução do consórcio (Figura 2).

Além disso, outros atributos são necessários para garantir o maior potencial produtivo em cada manejo. Sendo assim, aspectos bióticos e abióticos, ou seja, mesmo não tendo diferenciação em produtividade entre as parcelas com inoculação e sem inoculação, observa-se um valor maior nos tratamentos inoculados, havendo assim a hipótese de que em situações ideais, onde todos os fatores são positivos para o desenvolvimento da cultura, esse valor de produtividade poderia ser significativo.

Comparando o aumento de doses de P_2O_5 aplicadas em 2020 na aveia preta antecessora, em relação aos atributos morfológicos não houve ajustes significativos de regressão (Tabela 1). Resultados estes similares ao verificado por Dickmann et al. (2022), que no milho em consórcio com capim Marandu, na mesma área da presente pesquisa, também não observaram ajustes do incremento de doses de P_2O_5 no crescimento do milho.

Mesmo em condições climáticas desfavoráveis (Figura 2), houve ajuste significativo das doses residuais de fósforo para a população de plantas, com dose máxima calculada para 136 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Enquanto que para a produtividade de grãos, o ajuste foi linear positivo, demonstrando efeito residual do P para o adequado desenvolvimento das culturas (FREITAS, 2022).

Para os atributos químicos do solo, em todas as camadas avaliadas (Tabelas 2, 3 e 4) após a colheita do milho, fica evidente os maiores teores de P, Ca e Mg e valores de V% nas áreas não inoculadas, visto que a exportação de nutrientes foi menor em todos os cultivos antecessores, e que pela maior produção de palhada nas áreas inoculadas (inclusive no milho aqui avaliado – Tabela 1), no processo de decomposição, há aumento na acidez (H + Al) e nos teores de S reciclados desta palhada, como verificado nas áreas inoculadas, em todas as profundidades de solo avaliadas (0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m).

Nas parcelas que havia inoculação houve redução dos teores de fósforo disponível, como também verificado por Rosa (2017), que avaliando a curva de absorção de macronutrientes durante todo o ciclo de milho, atribuiu que quando

inoculada com *A. brasilense*, a planta se sobressaiu em relação às outras não inoculadas durante todo o ciclo da cultura. Com isso pode-se inferir que, a partir a utilização do *A. brasilense*, a planta consegue extrair mais nutrientes para suas atividades metabólicas, com isso, os nutrientes dos grãos colhidos não retornam para o solo, porém os nutrientes armazenados no corpo vegetal retornam para o solo pela palhada quando mineralizada.

Sobre o efeito residual das doses de P_2O_5 , na camada de 0-0,10 m (Tabela 2), somente houve aumento linear dos teores de S no solo, pois o P tem preferência na adsorção pelos óxido-hidróxidos de Fe e Al na fração coloidal, deixando o $S-SO_4^{2-}$ livre na solução do solo (OLIVEIRA PINTO E NAHAS, 2002).

Na camada de 0,10 a 0,20 m, houve incremento linear do m% com aumento da dose residual de P_2O_5 , o qual pode estar relacionado pelo aumento do volume radicular, que em decomposição, gera acidez no solo, liberando o Al^{3+} trocável.

Mesmo em maior profundidade do solo (0,20 a 0,40 m), houve efeito residual das doses de P_2O_5 aplicadas em 2013 e reaplicadas em 2020, pois os teores de P e K, valores de soma de bases (SB) e CTC foram linearmente incrementadas, enquanto que a m% foi reduzida (Tabela 4). Assim, fica demonstrado que em SPD consolidado, com rotação de culturas e aporte de palhada adequados, há melhoria da fertilidade do solo, com construção de perfil favorável ao aprofundamento radicular (FAVARATO et al., 2016)

Tabela 1 - Componentes da produção e produtividade do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função da adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum brasilense*. Selviria/MS (2021/22).

	ALTP	AIPE	DC	POP	NFG	NGF	NGE	M100	PG
Tratamentos	cm	cm	Mm					g	kg ha ⁻¹
Inoculação I									
Sem	152b	87b	19b	68443a	17,3	33	556	28,1	4186
Com	168a	93a	21a	63221b	16,8	32	558	28,0	4833
Pr > Fc	0,00001**	0,0045**	0,0007**	0,0001**	0,151	0,309	0,928	0,913	0,082
Doses P₂O₅ (kg ha⁻¹) - D									
0	154	88	19	67499 ⁽¹⁾	16,5	31	533	27,6	4167 ⁽²⁾
30	161	90	20	66943	17,5	33	578	27,6	4445
60	160	91	20	64699	17,0	33	562	28,5	4520
120	162	91	20	63054	17,2	32	541	28,4	4596
240	164	87	21	66666	16,9	33	571	28,3	5120
Pr > Fc	0,0207	0,535	0,556	0,03	0,434	0,649	0,534	0,918	0,473
DMS	5,7	4,1	1,29	1857	0,64	1,64	13,7	1,64	735
Modelo de Equação – E	-	-	-	Q	-	-	-	-	Q
R ² (%)	-	-	-	91,6	-	-	-	-	89,8
Pr > F – I x D	0,662	0,812	0,661	0,603	0,762	0,639	0,834	0,445	0,475
CV (%)	5,5	7,0	10,0	4,4	5,8	7,8	11,0	9,1	25,2

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ns não significativo. (1) POP = 68051 – 69,56x + 0,264 x² (PM=136 kg ha⁻¹ de P₂O₅),

(2) PG = 4165 + 3,822x

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 2- Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,10 m após colheita do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função da adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum brasilense*. Selvíria/MS (2021/22).

Tratamentos	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V	m	S	
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----			- ----- mmol _c dm ⁻³ -----			%	%	mg dm ⁻³	
	Inoculação - I												
Sem	7,4a	25,5	4,7	3,9	27,7a	18,3a	33,8b	49,9a	83,7	59a	1,9	5,2b	
Com	5,7b	25,7	4,6	4,1	23,6b	16,1b	38,7a	43,8b	82,5	53b	3,0	7,2a	
Pr > Fc	0,00001**	0,863	0,349	0,527	0,005**	0,008**	0,0008**	0,831	0,427	0,0007**	00,099	0,00001**	
Doses P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) - D													
0	5,3 ⁽¹⁾	26,3	4,7	3,8	27,7	19,7	..	35,6	51,3	86,9	59	2,0	6,0
30	6,0	25,0	4,5	3,9	24,0	19,5		37,0	43,4	80,4	54	3,0	6,0
60	7,0	26,7	4,9	4,7	27,9	17,5		33,5	50,0	83,5	60	1,8	6,1
120	7,0	24,9	4,7	4,1	23,6	15,7		37,6	43,4	81,1	54	2,8	6,1
240	7,4	25,1	4,5	3,7	24,9	17,5		37,0	46,1	83,7	55	2,6	6,5
Pr > Fc	0,000 ²	0,167	0,602	0,104	0,148	0,1116		0,260	0,133	0,154	0,082	0,876	0,890
DMS	0,57	1,17	0,32	0,48	2,76	1,6		2,7	3,9	2,9	3,5	1,8	0,71
Pr > F - I x D	0,0806	0,651	0,961	0,245	0,356	0,410		0,287	0,342	0,883	0,301	0,889	0,236
CV (%)	13,6	7,1	10,5	18,7	16,7	14,2		11,6	12,8	5,4	9,6	43,4	17,9

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. ** e *. Significado a 1 e 5% probabilidade pelo Teste F, respectivamente. (1) $S = 5.84 + 0,0076x$, $R^2 = 67,7\%$

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 3 – Atributos químicos do solo na camada de 0,10 a 0,20 m após colheita do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função da adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum brasilense*. Selvíria/MS (2021/22).

	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V	m	S
Tratamentos	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----			-----mmol _c dm ⁻³ -----			%	%	mg dm ⁻³
Inoculação - I												
Sem	5,6a	19,0	5,0	2,3	18, 2a	14,8a	35,5b	35,3a	70,9	50a	4,6	5,1b
Com	3,3b	18,5	4,9	2,4	15,1b	13,2b	38,7a	30,6b	68,2	44b	5,3	7,9a
Pr > Fc	0,00001**	0,229	0,142	0,863	0,0021**	0,0086**	0,0431*	0,0014**	0,288	0,0023**	0,059	0,00001**
Doses P₂O₅ (kg ha⁻¹) - D												
0	4,5	19,0	5,0	2,7	16,1	14,3	36,1	33,1	69,2	48	4,5 ⁽¹⁾	6,0
30	3,9	18,6	4,9	2,3	15,9	14,7	37,0	32,9	69,9	47	2,9	6,0
60	5,0	19,0	4,9	2,2	16,6	13,6	35,7	32,4	68,01	48	4,3	6,7
120	4,9	18,6	4,9	2,3	17,6	14,1	40,1	34,1	74,2	46	6,0	6,5
240	4,10	18,2	5,0	2,3	16,9	13,1	36,5	32,2	68,9	47	7,0	6,8
Pr > Fc	0,193	0,724	0,423	0,578	0,786	0,478	0,356	0,926	0,126	0,952	0,0037	0,772
DMS	0,72	0,92	0,10	0,41	1,91	1,20	3,00	2,76	3,1	3,6	1,1	0,85
Modelo de Equação-E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Q	-
R ² (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74,3	-
Pr > F - I x D	0,169	0,346	0,418	0,394	0,292	0,342	0,838	0,377	0,365	0,689	0,124	0,265
CV (%)	251	7,6	3,2	27,0	17,8	13,3	12,5	13,0	6,9	11,9	23,8	20,1

Medida seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si teste de t (Student) a 5% de probabilidade. ** e *. Significativo pelo Teste F, respectivamente. ns não significativo. (1) m% = 3,61 + 0,0146x

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 4 – Atributos químicos do solo na camada de 0,20 a 0,40 m após colheita do milho em consórcio com capim Paiaguás em cerrado de baixa altitude, em função de adubação fosfatada residual e da inoculação por *Azospirillum brasilense*. Selvíria/MS (2021/22).

Tratamentos	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K ----- mmolc dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H + Al -----mmolc dm ⁻³ -----	SB	CTC	V %	m %	S mg dm ⁻³
Inoculação - I												
Sem	4,5a	10,2	5,0	1,7	13,1	11,8	33,1	26,6	59,6	44	6,5	14,3b
Com	2,7b	16,0	5,0	1,9	12,4	11,6	33,3	25,8	59,0	44	6,7	18,2a
Pr > Fc	0,00001**	0,413	0,842	0,266	0,183	0,661	0,818	0,427	0,504	0,571	0,717	0,0454*
Doses P₂O₅ (Kg ha⁻¹) - D												
0	3,5 ⁽¹⁾	16,3	5,0	1,7 ⁽²⁾	12,4	11,6	31,7	25,7 ⁽³⁾	57,5 ⁽⁴⁾	45	7,6 ⁽⁵⁾	17,7
30	3,1	15,7	5,0	1,5	12,7	11,1	34,3	25,4	59,7	43	7,0	14,3
60	3,6	16,0	5,0	1,9	12,7	11,5	33,0	26,1	59,1	44	6,7	18,5
120	3,8	15,9	5,0	1,8	12,3	11,5	34,2	25,5	59,8	43	7,0	15,6
240	4,3	16,5	5,0	2,1	13,4	12,6	32,5	28,1	60,6	46	4,9	15,1
Pr > Fc	0,215	0,536	0,703	0,140	0,677	0,567	0,294	0,470	0,307	0,433	0,0375	0,545
DMS	0,60	0,62	0,10	0,24	1,05	1,19	1,76	2,07	1,86	2,8	1,1	3,7
Modelo de Equação-E	L	-	-	Q	-	-	-	Q	Q	-	Q	-
R ² (%)	80,0	-	-	61,6	-	-	-	71,6-	64,2	-	86,1	-
Pr > F - I x D	0,815	0,700	0,486	0,736	0,270	0,867	0,649	0,597	0,205	0,805	0,143	0,388
CV (%)	295	5,9	3,14	20,9	12,8	15,8	8,2	12,2	4,9	9,9	26,0	35,4

Medidas seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t (Student) a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente, não significativo.

(1) $P = 3,30 + 0,00385x$

(4) $CTC = 58,5 + 0,0096x$

(2) $K = 1,667 + 0,0015x$

(5) $m\% = 7,57 - 0,0102x$

(3) $SB = 25,31 + 0,0096x$

Fonte: Autoria própria (2023)

3 CONCLUSÃO

A utilização de *Azospirillum brasilense* como inoculante na cultura do milho, aumenta o crescimento das plantas, mesmo em consórcio com capim Paiaguás. Há efeito residual linear positivo de doses de P_2O_5 aplicadas em culturas antecessoras ao consórcio milho + capim Paiaguás sobre a produtividade do milho.

A atividade simbiótica da *Azospirillum brasilense*, auxilia também na extração e melhor uso dos nutrientes. O efeito residual do fósforo melhora a fertilidade no perfil do solo, mesmo em camadas mais profundas de 0,20 a 0,40 m.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, B. S. **Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* associada ao uso de bioindutores**. 2017, 46. Trabalho de conclusão do curso de Agronomia, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Campus Curitibanos, 2017.
- ANDRADE, R. A. et al. *Azospirillum brasilense* e fosfato natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n.1, 2019. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/17031>. Acesso em: 02 abr. 2023.
- ARAÚJO, L. S. et al. Produtividade de milho (*Zea mays*) consorciado com *Urochloa brizantha* em diferentes espaçamentos de plantio no sudeste de Goiás. **Revista Agrarian**, v.11, n. 42, p. 307-318, Dourados, 2018.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia-Departamento de Fitotecnia, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/62461068.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- BITTAR, I. M. B. Modernização do cerrado brasileiro e desenvolvimento sustentável: revendo a história. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 26, Mossoró/RN, 2011.
- BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Revista Interações**, v. 18, n. 1, p. 119-128, Campo Grande, MS 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/XcQCNYVMTyQGLKvVXbK5pyq/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- CABRAL, J. Estudo financiado pela Fapeg propõe novos sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta para o desenvolvimento sustentável do Cerrado. In: FERREIRA, Helenice. **Fapeg**, 2023. Disponível em: <http://www.fapeg.go.gov.br/estudo-financiado-pela-fapeg-propoe-novos-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-e-floresta-para-o-desenvolvimento-sustentavel-do-cerrado/>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- CANAL AGRO. **Azospirillum brasilense**: como auxiliar no crescimento do milho. 2021. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/azospirillum-brasilense-como-auxiliar-no-crescimento-do-milho/>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, José Antônio. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agrônomo Campinas, p. 284, 2001. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf. Acesso em: 29 abr. 2023.

CAPDEVILLE, A. Ciência e tecnologia no caminho da agricultura sustentável. **Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas – COP 26**. 2021. Disponível em: <https://cooperacaoambiental.coop.br/fique-por-dentro/ciencia-e-tecnologia-no-caminho-da-agricultura-sustentavel/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CAVALLET, L. E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 129-132, 2000.

CECCON, G. **Consorcio Milho-braquiária**. Embrapa, Brasília-DF, 2013, 175 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/982597/1/LVCONSOCIOMB.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.

CECCON, G. Consórcio milho-braquiária contribui com produção sustentável de grãos no Cerrado. In: COMAS, Christiane Congro. **Rural Pecuária-Tecnologia e manejo**. 2016. Disponível em: <https://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/agricultura/consorcio-milho-braquiaria-contribui-com-producao-sustentavel-de-graos-no-cerrado.html>. Acesso em: 30 mar. 2023.

CHERUBIN, M. R. et al. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/TCtLvtKzw8gNvG4CKPgkR7G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 abr. 2023.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Grãos**. 4º levantamento, Safra 2022/23, v. 10, n. 4, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 02 abr. 2023.

COSTA, R. D. Ciência e tecnologia no caminho da agricultura sustentável. **Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas-COP 26**. 2021. Disponível em: <https://cooperacaoambiental.coop.br/fique-por-dentro/ciencia-e-tecnologia-no-caminho-da-agricultura-sustentavel/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

CUNHA, L. S.; RIBEIRO, L. L. O. **Efeito da inoculação e co-inoculação de sementes em resposta a produtividades das culturas**. 2019. Disponível em: <https://maissoja.com.br/efeito-da-inoculacao-e-co-inoculacao-de-sementes-em-resposta-a-produtividades-das-culturas/>. Acesso em: 02 abr. 2023.

DARTORA, J. et al. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com *Azospirillum* brasilense. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 175-181, 2013.

DICKMANN, L. et al. Residual da adubação fosfatada e efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho verão consorciado com gramínea em região de cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e9111326134-e9111326134, 2022.

EDVAN, R. L. **Sistemas conservacionistas de recuperação de pastagem degradada**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2018. 113 p. Sustentabilidade, impacto, gestão e educação ambiental.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produtos, Processos e Serviços**. 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Plantio Direto**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 02 abr. 2023.

FAVARATO, L. F. et al. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 497- 506, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Campinas, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90848169013>. Acesso em: 12 abr. 2023.

FERREIRA, A. C. T. **Doses de nitrogênio no milho safrinha e na forrageira sob efeito residual da co-inoculação na cultura da soja**. Dissertação (Mestrado) em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos da Universidade do Estado de Mato Grosso. 2017.

FERREIRA, H. Estudo financiado pela Fapeg propõe novos sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta para o desenvolvimento sustentável do Cerrado. **Fapeg**, 2023. Disponível em: <http://www.fapeg.go.gov.br/estudo-financiado-pela-fapeg-propoe-novos-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-e-floresta-para-o-desenvolvimento-sustentavel-do-cerrado/>. Acesso em: 08 abr. 2023.

FONSECA, C. M. et al. Implementos para correção do solo e seus efeitos na absorção de nutrientes pela soja. **Anais**. Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade de Rio Verde, p. 49, 2019. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ANAIS%20I%20CEPEX-UniRV%20-%20II%20SPG%20-%202019.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

FRANCO, Heider Alves et al. **Aspectos associados à degradação ambiental e ao uso de efluentes na agricultura do Brasil**. 2019.

FREITAS, B. S. **Bioindicadores de qualidade do solo e produtividade da soja em função do residual da adubação fosfatada e inoculação das gramíneas antecessoras com *Azospirillum brasilense***. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de São Paulo. Ilha Solteira, 2022. 74f.

GALINDO, F. S. et al. Maize Yield Response to Nitrogen Rates and Sources Associated with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**. Madison: Amer Soc Agronomy, v. 111, n. 4, p. 1985-1997, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/529e/41bc46e9cb4e446befa8c6560888f9016f1a.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2023.

GASQUES, J. G. et al. Produtividade total dos fatores na agricultura: Brasil e países selecionados. In: Ipea-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Texto para discussão**. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2022. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/220602_td_2764.pdf. Acesso em: 30 mar. 2023.

GOMES, R. J. Sistema de Plantio Direto completa 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para agro. In LOUISE Aline. **Sistema de Plantio Direto**. Agricultura. Ascom/Emater-MG. 2022. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/ajuda/story/5091-sistema-de-plantio-direto-completa-50-anos-no-brasil-garantindo-maior-produtividade-e-sustentabilidade-para-agro>. Acesso em: 28 mar. 2023.

GONDER, C. Brasil. Implantação e manejo do consórcio milho-brachiaria. In: **Sementes Biomatrix**, 2021. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/produtividade/consorcio-milho-brachiaria/?amp>. Acesso em: 08 abr. 2023.

HERNANI, L.; SOUZA, L. C. F.; CECCON, G. Consorciação de culturas: sistema plantio direto. **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fazendo-certo/planejando-e-executando/fase-de-implantacao/organizando-o-sistema-produtivo/consorciacao-de-culturas>. Acesso em: 08 abr. 2023.

LEGAZ, B. V. et al. Soil quality, properties, and functions in life cycle a assessment: an evaluation of models. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 502-515, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/translate/goog/science/article/pii/S0959652616305418?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-PT&_x_tr_pto=sc. Acesso em: 25 mar. 2023.

LONDERO, R. et al. Dependência espacial da fertilidade do solo sob plantio direto e suas relações com a produtividade da soja. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.12, p.1-8, 2020.

LOUISE A. Sistema de Plantio Direto. **Agricultura**. Ascom/Emater-MG. 2022. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/ajuda/story/5091-sistema-de-plantio-direto-completa-50-anos-no-brasil-garantindo-maior-produtividade-e-sustentabilidade-para-agro>. Acesso em: 30 mar. 2023.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J. et al. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta** / editores

técnicos. Brasília, DF. Embrapa, PDF, 835 p, 2019.

MALAVOLTA, E. **Adubos e adubações**. NBL Editora, 2015. Disponível em: Adubos e adubações - Euripedes Malavolta - Google Livros.

MANSUR, T. W. **Plantio direto no cerrado**: uma revisão bibliográfica. 2020, 34 f. Trabalho de conclusão do curso de Agronomia da Faculdade da Amazônia (FAMA), 2020. Disponível em: <http://189.126.105.41/bitstream/123456789/202/1/TCC%20-%20Thiago%20Mansur%20final.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MENTEN, J. O. **Brasil**: estimativas da produção de grãos 2022/23 (devemos ultrapassar os 300 milhões de toneladas). Disponível em: <https://plantiodireto.org.br/brasil-estimativas-da-producao-de-graos-202223-devemos-ultrapassar-os-300-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 02 abr. 2023.

MORETTI, C. Ciência e tecnologia no caminho da agricultura sustentável. **Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas – COP 26**. 2021. Disponível em: <https://cooperacaoambiental.coop.br/fique-por-dentro/ciencia-e-tecnologia-no-caminho-da-agricultura-sustentavel/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MOTTER, P. **Plantio direto**: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015, 144 p. Disponível em: https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO_PLANTIO_DIRETO_WEB.pdf. Acesso em: 30 mar. 2023.

OLIVEIRA-PAIVA C. A. et al. **Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja: dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação**. Embrapa. Sete Lagoas, MG, 2021.

OLIVEIRA PINTO, C.; NAHAS, E. Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1751-1756, 2002.

PENTEADO, F. G. et al. Inoculação de semente de milho com *Azospirillum* brasileiro altera a resposta da cultura a adubação fosfatada? In: MEDEIROS, J. A.; NIRO, C. M.; MEDEIROS, J. M. P. (orgs). **Produção animal e vegetal: inovações e atualidades**. Jardim do Seridó: Agron Food Academy, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1oaKE7IL-SjRH4VE1epDBdt5eKOYDIa/view>. Acesso em: 02 abr. 2023.

REGINA, S. B. Sistema de Plantio Direto completa 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para agro. In LOUISE Aline. **Sistema de Plantio Direto**. Agricultura. Ascom/Emater-MG. 2022.

REIS, V. M.; PEDRAZA, R. O.; TEIXEIRA, K. S. **O gênero *Azospirillum*: diversidade e relação filogenética das espécies**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2010, 20 p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84635/1/DOC273-10.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/CGKVc6BnjKqMGzf38RmCpDb/>. Acesso em: 05 maio 2023.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; SILVA J. A. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. p. 124-133, 1981. In: **Anais**. XXXII Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Brasil.

RIBEIRO, L. M. et al. Produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v.11, n. 40, p. 120-131, 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/5379/4373>. Acesso em: 28 mar. 2023.

RIBEIRO, N. **BIOINDICADORES DO SOLO E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE VEGETAL EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense***. Tese (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, p. 34. 2024.

RICHETTI, A. et al. Relatório de avaliação de impactos. Tecnologia: consorcio milho com braquiária. **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2019. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2019/relatorios/agropecuariaoeste_consortio.pdf. Acesso em: 02 abr. 2023.

RODRIGUES, R. A. R.; PUGAS, J. **O Sistema Plantio Direto (SPD) e a conservação do solo**. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227122/1/O-Sistema-Plantio-Direto-SPD-e-a-conservacao-do-solo-2021.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023.

RODRIGUES, R. A conquista do Cerrado para expandir a produção de alimentos no Brasil. **Revista Globo Rural**. Vozes do Agro. 2021. Disponível em: <https://globorural.globo.com/Noticias/Opinioao/Vozes-do-Agro/noticia/2021/06/conquista-do-cerrado-para-expandir-producao-de-alimentos-no-brasil.html>. Acesso em: 08 abr. 2023.

ROOS, L. C. et al. **Plantio direto**: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015, 144 p. Disponível em: https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO_PLANTIO_DIRETO_WEB.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

ROSA, P. A. L. **Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes por híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense***. 2017.

Dissertação de mestrado de Agronomia, da Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus Ilha Solteira, 2017.

SEMENTES BIOMATRIX. **Implantação e manejo do consórcio milho-brachiaria**. 2021. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/produtividade/consorcio-milho-brachiaria/?amp>. Acesso em: 25 mar. 2023.

SILVA, M. A. et al. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1149543/1/rsd-2022.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2023.

SILVA, M. O. et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875, 2021.

SILVA JUNIOR, J. A. M. S.; FREITAS, J. M.; REZENDE, C. F. A. Produtividade do milho associado a inoculação com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de adubação nitrogenada. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e42810212711-e42810212711, 2021.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Editores Técnicos, 2ª. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

