



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ANA LUIZA CARVALHO MENDES
JOÃO DOS SANTOS GONÇALVES

**DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE
FÓSFORO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**

Brasília - DF

Julho/2023

ANA LUIZA CARVALHO MENDES
JOÃO DOS SANTOS GONÇALVES

**DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE
FÓSFORO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jordana Moura Caetano

Brasília - DF

Julho/2023

M538c Mendes, Ana Luiza Carvalho; Gonçalves, João dos Santos.

DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA / Ana Luiza Carvalho Mendes, João dos Santos Gonçalves; orientadora Jordana Moura Caetano. - Brasília, 2023.
40 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. Milho. 2. Fósforo. 3. Inoculação. 4. Fungos micorrízicos arbusculares. 5. FMA. I. Gonçalves, João dos Santos. II. Caetano, Jordana Moura, orient.

FICHA CATALOGRÁFICA

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENDES, Ana Luiza Carvalho; GONÇALVES, João dos Santos. **DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**. 2023. 40 p. Monografia (Graduação - Agronomia) - Universidade de Brasília, 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome dos Autores: Ana Luiza Carvalho Mendes e João dos Santos Gonçalves.

Título da Monografia de Conclusão de Curso: **DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monográfica pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

ANA LUIZA CARVALHO MENDES

Email: aluizamendess@gmail.com

Tel.: (61) 99962-9580

JOÃO DOS SANTOS GONÇALVES

Email: joaogoncalvesyou12@outlook.com

Tel.: (61) 99849-5794

ANA LUIZA CARVALHO MENDES
JOÃO DOS SANTOS GONÇALVES

**DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE
FÓSFORO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado por:

Jordana Moura Caetano (Orientadora)

17/07/2023

Marcelo Fagioli (Banca)

17/07/2023

Cícero Célio de Figueiredo (Banca)

17/07/2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus, que encheu nossas vidas com proteções e bênçãos que nos permitiu ter sabedoria, discernimento, paciência para conduzir da melhor forma esse trabalho. Agradecemos aos nossos pais Ivanete, Gilmar, Abilene e Heglisson, que nunca mediram esforços para prover nosso crescimento, nos dando muito apoio, força e amor incondicional, sem vocês essa realização não seria possível. A todos os amigos, nosso muito obrigado, vocês foram fundamentais nessa etapa tão desafiadora da vida acadêmica, nossa eterna gratidão a todos vocês. Agradecemos imensamente a nossa querida orientadora, que nos prestou total apoio para concluirmos esse trabalho, obrigada pelo conhecimento transmitido, pela confiança e pela paciência, você sempre será um exemplo de profissional para nós. Por fim, agradecemos a todos os profissionais da Universidade de Brasília e da Fazenda Água Limpa, todos vocês foram fundamentais durante nossa vida acadêmica.

RESUMO

As plantas necessitam de fósforo (P) para garantir seu desenvolvimento e altas produtividades, porém os solos brasileiros apresentam baixa disponibilidade desse macronutriente. Além disso, a baixa eficiência da adubação fosfatada resulta na necessidade de aplicação de altas doses por hectare. Uma alternativa para aumentar a eficiência do uso do P é a utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), em simbiose com as plantas, que promovem um maior desenvolvimento das culturas, ao promover uma maior absorção de água, de P e de outros nutrientes. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o impacto do uso de um inoculante micorrízico comercial Rootella® BR ULTRA, no desenvolvimento e no crescimento da cultura do milho em função de diferentes doses de fósforo. O trabalho foi conduzido em campo experimental localizado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, no ano safra 2022/23, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial em esquema 2x3, dividido em 24 parcelas experimentais, sendo diferenciada por dois fatores: inoculação e níveis de fósforo. Foram coletados dados de altura da planta, diâmetro do colmo, estágio fenológico e área foliar, e os resultados obtidos a partir das coletas foram analisados pelo software estatístico SISVAR e foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, feita análise complementar pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade para comparação de médias. A partir dos resultados foi possível concluir que o inoculante micorrízico aumentou o diâmetro do colmo, a altura da planta e a produtividade, porém não apresentou diferenças significativas para o índice de área foliar. Para os níveis de adubação fosfatada, foi possível observar a eficácia de aplicação nas doses de 50 e 100% da recomendação.

Palavras-chave: *Zea mays* L, Adubação fosfatada. Fungos micorrízicos arbusculares. Inoculante.

ABSTRACT

Plants need phosphorus (P) to ensure their development and high yields, but Brazilian soils have low availability of this macronutrient. In addition, the low efficiency of phosphate fertilization results in the need to apply high doses per hectare. An alternative to increase the efficiency of the use of P is the use of arbuscular mycorrhizal fungi (FMA), in symbiosis with plants, which promote greater crop development, and greater absorption of water, P and other nutrients. Thus, the objective of this study was to evaluate the impact of the use of a commercial mycorrhizal inoculant Rootella® BR ULTRA, on the development and growth of the corn crop in response to different doses of the recommendation of phosphate fertilization. The work was conducted in an experimental field located at the Água Limpa Farm of the University of Brasília, in the 2022/23 harvest year, using a completely randomized design, with a factorial arrangement in a 2x3 scheme, divided into 24 experimental plots, being differentiated by two factors: inoculation and phosphorus levels. Data on plant height stem diameter, phenological stage and leaf area were collected, and the results obtained from the collections were analyzed by the SISVAR statistical software and were subjected to analysis of variance (ANOVA) and, when significant, a complementary analysis was made by the Tukey test with 5% probability for interpretation of the results. From the results it was possible to conclude that the mycorrhizal inoculant positively favored the development of the stem diameter, the height of the plant, the increase in productivity, but did not present significant differences for the leaf area index. For the levels of phosphate fertilization, it was possible to observe the effectiveness of application at the dosages of 50 and 100% of the recommendation.

Keywords: Phosphate fertilization. Arbuscular mycorrhizal fungi. Inoculating. *Zea mays* L.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1 Aspectos socioeconômicos do milho	2
3.1.1 Produção mundial	2
3.1.2 Produção nacional	3
3.2 Características agronômicas do milho	5
3.2.1 Aspectos gerais do milho	5
3.2.2 Fisiologia do milho	6
3.2.3 Necessidade nutricional	9
3.2.3.1 Uso de adubação fosfatada	9
3.3 Uso de inoculantes em graníferas	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Descrição do experimento	13
4.2 Análise de produtividade	16
4.3 Análise estatística	17
4.4 Descrição do híbrido e do inoculante	17
4.4.1 Híbrido BM990 Vip3	17
4.4.2 Inoculante	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1 Diâmetro do colmo	19
5.2 Altura da planta	20
5.3 Índice de área foliar	23

5.4	Produtividade	24
6.	CONCLUSÃO	25
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais e mais importantes culturas produzidas no Brasil e no mundo, sendo que os maiores produtores desse cereal são os Estados Unidos, a China e o Brasil (CONAB, 2022.) Isso se deve principalmente pela sua ampla variedade de utilização e pela sua relevância socioeconômica, que possibilita a utilização do cereal tanto para o consumo humano, quanto para a alimentação animal e para o processamento industrial (DUARTE et al., 2011).

As maiores exigências nutricionais da cultura do milho referem-se a nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P). A exigência pelo fósforo é inferior aos demais nutrientes, porém as doses recomendadas e aplicadas são elevadas, devido à baixa eficiência da adubação fosfatada. Isso é consequência da carência de fósforo nos solos brasileiros, em função do material de origem e da alta capacidade de adsorção desse macronutriente em partículas presentes no solo (FANCELLI, 2004; CORRÊA, 2008; RAIJ, 1991). A necessidade desse nutriente durante o ciclo produtivo dessa cultura, influencia diretamente em processos metabólicos da planta e consequentemente no seu crescimento e na sua produção final (EMBRAPA, 2021).

Diante de um cenário mundial com constantes inovações tecnológicas, tem-se tornado essencial buscar novas tecnologias que ampliem a produção mundial de alimento, diminuindo os custos de produção e aumentando a efetividade da produção. Neste sentido, é importante destacar que o uso de produtos biológicos pode potencializar esses resultados.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), possuem a função de promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, devido ao aumento da absorção de nutrientes, a eficácia na utilização de formas de elementos não disponíveis no solo, ao armazenamento temporário de nutrientes, ao aumento do sistema radicular e a resistência a estresses ambientais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Além disso, torna-se necessário entender se a planta do milho irá alcançar um bom desenvolvimento a partir da influência do inoculante em função do teor de P.

2. OBJETIVO

Avaliar o desenvolvimento do milho com diferentes doses de fósforo com o fator de inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus intraradices*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos socioeconômicos do milho

3.1.1 Produção mundial

O milho é uma cultura de extrema relevância e importância mundial considerando as suas características nutricionais e econômicas, que em conjunto com a grande variabilidade genética da espécie, permite os diferentes tipos e direcionamentos para o seu consumo tanto humano quanto animal. Essa cultura, que atualmente ocupa posição elevada de produção mundial, passou por uma grande evolução através da seleção visual no campo, onde foram favorecidas as principais características como produtividade, resistência às doenças, pragas e a capacidade de se adaptar em diversos ambientes, originando diversos cultivares, que hoje agregam para a produção mundial dessa cultura (LERAYER, 2006).

De acordo com informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de milho para safra mundial 2021/2022 atingiu 1,18 bilhões de toneladas (USDA, 2021). o Quadro 1 apresenta os dados de produção mundial desse grão, em milhões de toneladas nas safras 20/21 e 22/23.

Países	Safras	
	2021/2022	2022/2023
EUA	383,9	367,3
China	272,6	271,0
Brasil	116,0	126,0
Ucrânia	42,1	19,5
Demais Países	401,0	396,9
Mundo	1.215,6	1.180,7

Quadro 1- Produção mundial de milho (em milhões de toneladas).

Fonte: (USDA, 2022).

No âmbito de produção, o Brasil está entre os principais produtores mundiais de milho, se destacando em terceiro lugar no ranking mundial de produção do grão. Para os demais países, em primeiro lugar se destaca os EUA e em segundo lugar vem a China

(USDA, 2022). Esses três países representam juntos 63,5% da produção mundial de milho.

De acordo com o Quadro 2, as safras 2021/22 e 2022/23, o Brasil foi o quarto maior consumidor de milho do mundo, estando atrás dos EUA, China e União Europeia. Contudo, de acordo com as projeções feitas pelo Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), a produção mundial de milho para a safra 2023/24 deverá reduzir, devido ao impacto de relações da Ucrânia, o que poderá acarretar um aumento de produção para o Brasil e Argentina (USDA, 2022).

Quadro 2 - Consumo mundial de milho (em milhões de toneladas)

Países	Safras	
	2021/2022	2022/2023
EUA	315,9	309,0
China	291,0	295,0
U. E	80,5	78,6
Brasil	73,0	77,0
Demais Países	422,2	425,4
Mundo	1.182,6	1.185,0

Fonte: (USDA, 2022).

O Brasil é segundo maior exportador de milho do mundo Quadro 3, com 44,5 milhões de toneladas de milho exportadas (USDA, 2022).

Países	Safras	
	2021/2022	2022/2023
EUA	63,5	61,0
Brasil	44,5	47,0
Argentina	39,0	41,0
Ucrânia	23,0	9,0
Demais Países	27,8	24,7
Mundo	197,8	182,7

Quadro 3 - Exportações em milhões de toneladas.

Fonte: (USDA, 2022).

3.1.2 Produção nacional

O milho é considerado uma cultura fundamental para a agricultura brasileira, visto que ele chega a ser produzido em todas as regiões do país e a maior parte da sua produção é voltada para abastecimento interno, apesar da sua expressiva expansão na exportação (MIRANDA, 2018). Ele é o segundo grão mais produzido no Brasil, sendo

cultivado em cerca de aproximadamente 77 milhões de hectares ao longo do país, perdendo apenas para soja (CONAB, 2022).

De acordo com o Quadro 4, a produção brasileira de milho está concentrada nas Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, sendo esses os maiores produtores do país, concentrando mais de 50% da produção (CONAB, 2019).

REGIÃO	2017	2018	2019
Centro-Oeste	41.451	52.825,9	56.836,0
Norte	2.447	3.076,3	3.518,7
Sul	19.237	25.310,3	21.663,1
Sudeste	11.129	12.153,4	11.764,0
Nordeste	6.522	6.676,8	8.804,6
Brasil	80.786	100.042,7	102.586,4

Quadro 4 - Produção de milho no Brasil em milhões de toneladas

Fonte: (CONAB, 2019).

A CONAB, em 2019, realizou levantamento no qual quantifica a produção de milho tanto na segunda como na primeira safra. Destaque para o estado do Mato Grosso que desde 2005 vem crescendo sua produtividade na segunda safra. O Mato Grosso do Sul e o Paraná também são grandes produtores de milho e têm mais destaque na primeira safra com os melhores números de produtividade. O fato do plantio da segunda safra ser efetuado logo após a colheita da soja e no mesmo local, tem permitido uma maior produtividade da safrinha do milho, em virtude do aproveitamento dos resíduos de fertilizantes no solo dessas áreas de plantio (REIS et al., 2016).

A partir do Quadro 5 é possível inferir que a fração de maior parte do milho produzido pelo país é voltado para o consumo, visto que uma parcela significativa da alimentação do brasileiro depende dessa fonte de amido.

Estimativa	Safra 2021/22	Safra 2022/23		%	
	(a)	Fev./23 (b)	Mar./23 (c)	(c/b)	(c/a)
Produção	113,13	123,74	124,68	0,01	0,10
Exportação	46,63	47,00	48,00	0,03	0,03
Importação	2,62	2,80	1,90	-0,32	-0,27

Consumo	74,56	79,38	79,35	0,00	0,06
Estoque Final	8,07	8,06	7,30	-0,09	-0,10

Quadro 5 - Quadro de valores de suprimento do milho em milhões de toneladas

Fonte: (CONAB, 2023).

Observando a Figura 1 é possível inferir que de 1976 até 2022 a área plantada quase que dobrou, saindo de 11.799,00 (mil ha) para 22.036,10 (mil ha), chegando em um aumento de 187%. A produção foi de 19.255,00 (1000 t) para 124.677,50 (1000 t), aumento de 648% de produtividade.

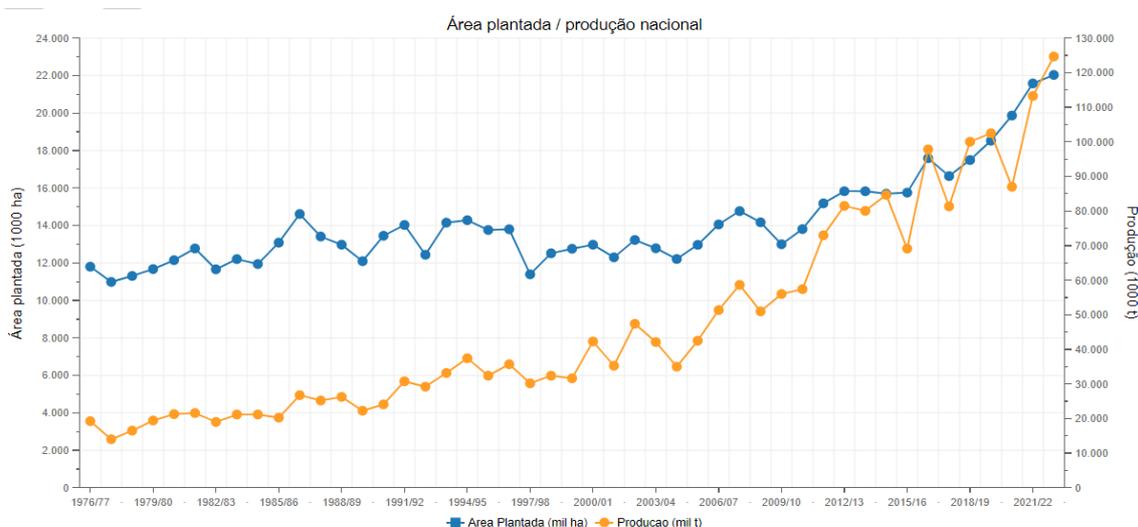


Figura 1- Visão nacional do milho – Safra inicial (1976-77) e Safra final (2022-23).

Fonte: (CONAB, 2023).

3.2 Características agronômicas do milho

3.2.1 Aspectos gerais do milho

O milho é da espécie *Zea mays* pertencente ao reino Plantae, divisão Anthophita, classe Monocotyledonae, ordem Poales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae e gênero *Zea*. Com origem do Teosinto, o milho desde seu primeiro registro, através da colonização das Américas até a contemporaneidade, passou por um processo de domesticação e reconhecimento, acompanhando a evolução dos tempos e das técnicas produtivas, se tornando um dos grãos mais produzidos em todo o mundo (GALVÃO et al., 2017).

A altura do colmo é determinada a partir da sua divisão, ou seja, pela quantidade de nós formados, e pelo tamanho dos seus entrenós, variando de 1 a 4 metros de altura. Seu diâmetro varia entre 15 a 80 mm na sua base, e ao decorrer do crescimento da planta, esse colmo tende a diminuir seu diâmetro (BORÉM; PIMENTEL, 2017).

O colmo é a parte que fornece estruturação para planta, do qual serve de suporte para as demais partes que vão se desenvolver, servindo também como reserva, ou seja, serve suprimento de fotoassimilados (SOUZA FILHO, 2009).

A partir do estágio de V3, começam-se a se desenvolver os pelos radiculares nas raízes da planta. E a partir do estágio V6, o sistema radicular nodular começa a se desenvolver, se tornando o principal responsável pela nutrição da planta. Além desse conjunto de raízes que formam o sistema radicular da planta, existem as raízes adventícias, que são responsáveis pela sustentação da planta, e em alguns casos podem absorver água e nutrientes das camadas superficiais do solo, e se desenvolvem durante o final do ciclo vegetativo da planta (BORÉM; PIMENTEL, 2017).

Por causa da sua grande importância econômica, e devido à sua interação de genótipos com o ambiente, afetando diretamente no rendimento do grão, a corrida pelo desenvolvimento de híbridos adaptáveis está em constante crescimento no país. Isso porque existem híbridos que são adaptados para cada tipo de altitude do cultivo, adaptado a condições climáticas, além de possuir as principais resistências a pragas, graças a fácil adaptação dessa cultura em diferentes condições, tendo somente que respeitar sua época de semeadura e suas necessidades hídricas (SHIOGA et al., 2015).

3.2.2 Fisiologia do milho

O milho possui um ciclo vegetativo variado, o que é diferenciado a partir da caracterização do genótipo que é determinado entre a semeadura e o ponto de maturidade fisiológica. No Brasil, a cultura apresenta um ciclo variável entre 100 e 160 dias. (BORÉM; PIMENTEL, 2017).

Essa cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento: germinação e emergência, correspondendo ao período de semeio e o aparecimento efetivo da plântula, sendo que, dependendo da temperatura e da umidade do solo, esse período pode durar de 4 a 10 dias (MAGALHÃES, 2002); crescimento vegetativo, correspondendo ao período de emissão da primeira folha até o início do florescimento, ou seja, da emergência até o pendoamento; florescimento, correspondendo o período entre a abertura do pendão, até a completa fecundação, iniciando a formação do grão; frutificação, correspondendo ao enchimento de grãos; e a maturidade, correspondendo o período final da frutificação com o aparecimento da camada preta, ou seja, período que corresponde ao final do ciclo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

De acordo com a escala proposta por Fancelli, o ciclo da cultura do milho foi dividido em alguns estádios que se diferem em seu desenvolvimento. Nessa escala Quadro 6, as mensurações começam no estádio vegetativo que vão da emergência denominada Ve, seguindo até o pendoamento, denominada fase VT; após essa fase, começa o estádio reprodutivo começando pelo aparecimento dos estilo-estigmas ou “cabelos”, denominado R1 se prolongando até a maturidade fisiológica, denominada R6 (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Quadro 6 - Escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993).

Vegetativo	Reprodutivo
VE: emergência	R1: embonecamento
V1: 1ª folha desenvolvida	R2: grão bolha d'água
V2: 2ª folha desenvolvida	R3: grão leitoso
V3: 3ª folha desenvolvida	R4: grão pastoso
V4: 4ª folha desenvolvida	R5: formação de dente
V(n): nª da folha desenvolvida	R6: maturidade fisiológica
VT: pendoamento	

Fonte: EMBRAPA, (2006).

Dessa forma, os estádios que acontecem anteriormente ao aparecimento do pendão são determinados pela enumeração do número de folhas, que é feita mediante avaliação em campo, sendo considerada e contabilizada aquelas folhas que estão completamente abertas, com a bainha da folha plenamente visível e aberta. A escala de enumeração dessa fase começa com a letra V seguindo do número determinado de folhas. Nos estádios posteriores ao aparecimento do pendão, a análise também é feita em campo, porém serão analisadas a porção central da espiga, observando o seu desenvolvimento e a consistência que se apresenta os grãos (KINIRY; BONHOMME, 1991).

O estádio de V0 ou VE se refere à germinação/emergência do milho, no qual depende da ocorrência de temperatura e de umidade do solo para induzir o processo germinativo, embora em decorrência da profundidade de semeadura, algumas plantas tendem a variar o seu período de emergência. Durante esse estádio, as estruturas contidas nas sementes são liberadas, dando início ao desenvolvimento da planta. Normalmente, a emergência da plântula ocorre entre 5 a 10 dias após a semeadura (BORÉM; PIMENTEL, 2017).

O estádio V4 à V6 o crescimento da planta ainda ocorre abaixo da superfície do solo, visto que durante esse período, se dá o início da diferenciação do meristema api-

cal. Ocorre também alta taxa de ramificações diferenciadas do sistema radicular, o que implica diretamente na integridade e na distribuição das raízes. Além disso, durante esses estádios, a partir da diferenciação floral, as folhas, o pendão e a espiga estão sendo bem definidas, assim como o potencial produtivo da planta (MAGALHÃES et al., 2002).

Os estádios de V6 à V8, são caracterizados pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, pela definição de fileiras da espiga em V7 e pela inflorescência masculina estar em um processo acelerado de formação. Durante esses períodos, existe a possibilidade da ocorrência de perfilhamento, o qual é indesejável, variando de acordo com a genética e as condições do ambiente (MAGALHÃES et al., 1995).

Os estádios de V9 à V12 se caracterizam pela presença de 85% a 90% de área foliar definida, além da elevada taxa de crescimento do colmo, pelo aparecimento de raízes adventícias e pelo começo do florescimento da planta. Durante esses estádios, questões nutricionais ou hídricas são relevantes para o número de grãos e o seu tamanho (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

No estágio VT, pode-se dizer que se encerra o estágio vegetativo da planta, e inicia-se o estágio reprodutivo. Isso porque, nesse estágio que normalmente acontece, entre a oitava e a nona semana após a emergência, ocorre o aparecimento do pendão e ocorre o crescimento acentuado dos estilo-estigmas. Durante esse período é possível perceber que a emissão da inflorescência masculina (protandria) ocorre de 2 a 3 dias antes a exposição dos estilos-estigmas. Estudos relataram que durante essa fase, a perda ou remoção de folhas na planta, assim como estresse hídrico, poderão ocasionar perdas na colheita e reduzir o rendimento da planta (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O estágio reprodutivo R1 é caracterizado pelo florescimento e cessamento do crescimento do colmo. Assim, durante essa fase ocorre a polinização, e por consequência, a fecundação do óvulo. Porém, esses acontecimentos necessitam de condições favoráveis para que ocorram, assim como a liberação do grão de pólen que se inicia ao amanhecer e perdura sua viabilidade por aproximadamente 24 horas (GOODMAN; SMITH, 1978).

O estágio R2 se caracteriza pelo acúmulo de açúcares solúveis no endosperma dos grãos, aumentando sua densidade; esse aumento ocorre devido à movimentação dos sintetizados nas folhas e no colmo, que se direcionam para os grãos em formação. Ou seja, durante essa fase os grãos se encontraram brancos externamente, com acúmulo de líquido, chamados de “bolha d’água” (BORÉM; PIMENTEL, 2017).

No estágio R3, as sementes continuam se desenvolvendo, embora as estruturas embrionárias já se encontrem diferenciadas. Os grãos, nesta fase, apresentam concentração acentuada de amido, ou seja, é uma fase que começa o processo de enchimento do grão, e nesse estágio o grão se encontra com consistência leitosa (BORÉM; PIMENTEL, 2017).

O estágio R4 se caracteriza pela transição do grão de milho do estado leitoso para o farináceo, e pela diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior das sementes. Já o estágio R5 se caracteriza pela acelerada perda de água em toda planta, assim como o acentuado acúmulo de substâncias orgânicas e minerais no grão, o que evidencia a maturação fisiológica das sementes, a formação da concavidade superior no grão (somente em alguns genótipos) e o aparecimento da camada preta. No estágio R6 se evidencia a paralisação da matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência das folhas da planta; também é o ponto exato de maturação fisiológica, visto que nessa fase, ocorre a manifestação do peso máximo de matéria seca dos grãos, assim como o máximo vigor das sementes, representada visivelmente pelo ponto preto no lugar da inserção do grão ao sabugo, indicando independência da planta mãe (BORÉM; PIMENTEL, 2017; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

3.2.3 Necessidade nutricional

A maior exigência do milho se refere ao nitrogênio e ao potássio, logo após o cálcio, o magnésio e o fósforo. No milho, os nutrientes apresentam diferentes taxas de translocações, visto que esses nutrientes percorrem diferentes tecidos (colmo, folha, estruturas reprodutivas e grãos), sendo que grande parte do que é absorvido é translocado para os grãos e encontrados em restos culturais, como a palhada (CANTARELLA, 2007).

3.2.3.1 Uso de adubação fosfatada

O milho apresenta baixa exigência de fósforo, porém, as recomendações de suas doses são altas, isso ocorre pela baixa eficiência (20 a 30%) de seu aproveitamento pela cultura, que ocorre pela alta fixação do fósforo adicionado no solo por adsorção e precipitação, diminuindo assim, a disponibilidade desse nutriente para planta (FANCELLI, 2004; CORRÊA, 2008).

Outro motivo que pode se relacionar com a alta recomendação de fósforo para cultura, é devido ao rápido e intenso crescimento e desenvolvimento da planta, com um

ciclo curto, que acaba requerendo uma maior reposição do P-adsorvido (COELHO, 2006).

Kvakić et al. (2018) estimou que a produtividade média mundial da cultura do milho, poderia ser quase duas vezes maior que a produtividade atual, se muitas áreas não apresentassem grande deficiência na disponibilidade de P no solo, e investissem em estratégias de manejo que aumentem a eficiência da adubação fosfatada.

O investimento inicial em adubação fosfatada gera ao produtor um efeito muito produtivo visto que o fósforo é necessário para vários processos metabólicos das plantas, tais como armazenamento e transporte de energia na planta, sob a forma de ATP, respiração, fotossíntese, síntese de proteínas, aminoácidos e lipídeos, atuando também no metabolismo do amido (VANCE et al., 2003).

3.3 Uso de inoculantes em graníferas

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares - FMA são simbioses obrigatórios do grupo das micorrizas, sendo classificados dentro do filo Glomeromycota (SALGADO et al., 2017). São ditos simbioses obrigatórios uma vez que para completar seu ciclo de vida dependem da associação com uma planta hospedeira, sendo essa associação encontrada em mais de 80% das famílias vegetais (SMITH e READ, 2008).

O uso de bactérias que promovem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é utilizada como alternativa na busca de sistemas sustentáveis em gramíneas, a qual visa redução na aplicação de fertilizantes nitrogenados, onde esses microrganismos, chamados diazotróficos, são capazes de reduzir o nitrogênio atmosférico (N_2) a amônia (NH_3) pela quebra da ligação tríplice do N pela enzima nitrogenase, com alto consumo de energia na forma de ATP. Após a reação de redução, a amônia é rapidamente convertida a amônio (NH_4^+), que é assimilado pela célula vegetal sob a forma de glutamina (SANGOI et al., 2015).

Costa et al. (2020), estudando a colonização micorrízica e a interação no crescimento de milho crioulo inoculados com fungos micorrízicos arbusculares, observaram que mesmo com uma alta taxa de colonização micorrízica, não foi possível garantir o incremento na biomassa, mas foi possível que o fato influenciasse na emissão das florescências. O milho crioulo foi responsivo à inoculação do isolado que continha o FMA *Claroideoglossum etunicatum*.

As hifas crescem entre as células do córtex da raiz, formando uma estrutura característica, a rede de Hartig, a qual, eventualmente, circunda muitas das células corti-

cais. A presença da rede de Hartig parece prolongar a vida, tanto das células como da raiz. Esta funciona como interface entre o fungo e a planta. Em adição a esta estrutura, as raízes são circundadas por um manto de hifas a partir do qual cordões miceliais se estendem para o solo vizinho (SOUSA et al., 2006).

A hifa do fungo penetra nas células corticais da raiz da planta, onde são formadas pequenas estruturas densamente ramificadas, com aspecto de minúscula árvore (arbusculos ou dilatações denominadas vesículas). As endomicorrizas são frequentemente chamadas fungos micorrízicos arbusculares. A maioria ou quase todas as trocas entre fungos e plantas ocorre nos arbusculos. A hifa se estende para o solo por vários centímetros, aumentando significativamente a quantidade absorvida de fosfato e outros nutrientes essenciais (RAVEN et al., 1996).

Para um melhor entendimento da simbiose dos fungos com as raízes, a Figura 2 demonstra um corte no solo onde é possível visualizar a interação entre ambos.

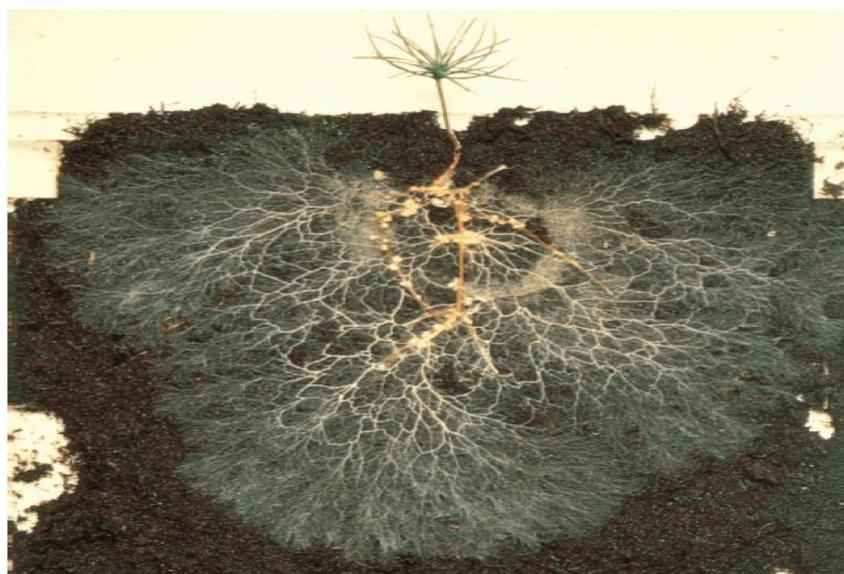


Figura 2 - Corte feito no solo mostrando as extensas ectomicorrizas de uma plântula de Pinus contorta. A plântula tem cerca de 4 cm acima da superfície do solo.

Fonte: RAVEN, 2014.

Os fungos micorrízicos também proporcionam proteção contra o ataque por fungos patogênicos e nematódeos (pequenos vermes do solo). Em troca desses benefícios, o fungo recebe da planta hospedeira fotoassimilados essenciais para o seu crescimento. As raízes das plantas vizinhas podem ser ligadas por uma rede de hifas de um fungo compartilhando, assim, água e nutrientes minerais de uma planta para outra (RAVEN et al., 2014).

As hifas se estendem para o solo circundante por vários centímetros e, portanto, aumentam acentuadamente o potencial de absorção de água e a captação de fosfatos e outros nutrientes essenciais (RAVEN et al., 2014).

Na Figura 2 é possível ver a diferença do desenvolvimento radicular entre plantas de *Pinus* que foram inoculadas e outras que não foram. Desde que a rede de hifas das micorrizas se estenda vários centímetros para além da zona colonizada pelas raízes, as plantas se tornam aptas a obter nutrientes a partir de volume de solo muito maior do que seria possível sem as micorrizas. O fungo se beneficia da associação, obtendo carboidratos da planta hospedeira (RAVEN et al., 1996).

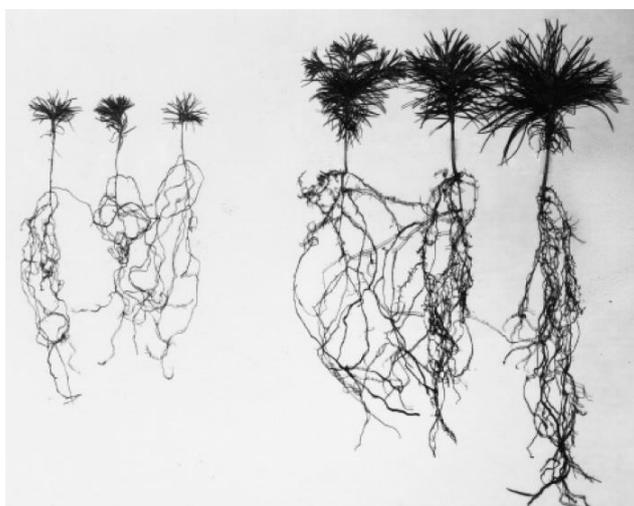


Figura 3 - *Pinus strobus* cultivados em solução nutriente estéril. Plântulas à esquerda foram transplantadas diretamente. Plântulas à direita cresceram em solo de floresta contendo fungos antes de serem transplantadas ao solo

Fonte: RAVAEN, 2014.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição do experimento

O presente trabalho foi desenvolvido durante os meses de novembro de 2022 a abril de 2023, na área experimental da Universidade de Brasília, localizada na Fazenda Água Limpa, na Vargem Bonita, no Distrito Federal, com coordenadas 15°57'12.96"S e 47°56'3.56"O, e com altitude aproximada de 1014 m. O clima é o tropical estacional de Savana (Aw), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, e apresenta as estações bem definidas ao longo do ano, sendo que o período de chuvas se inicia próximo ao mês de outubro e se encerra próximo ao mês de maio (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo, segundo classificação realizada por Rodolfo Junior et al. (2015). Antes do plantio foi realizada a análise química do solo Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química de solo da área experimental

pH	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	CTC	K	P	V	m	MO	COrg
				(cmol _c dm ⁻³)			Mg.dm ⁻³			%		g/kg	
5,7	0	3,0	1,1	2,7	4,6	4,6	7,3	0,44	32,8	63	0	68,6	39,9

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, com quatro repetições, em parcela subdividida. Os fatores foram: nível de fósforo (0, 50 e 100% da dose recomendada) e inoculação (semente inoculada e semente não inoculada); totalizando 24 parcelas experimentais.

Antes do plantio foi realizada a aplicação de fertilizante NPK (120 kg de N, 60 kg de P, 80kg de K), com base nas recomendações do Manual do Cerrado,8 no sulco de semeadura, com a utilização da semeadora-adubadora. Logo em seguida, foi realizado o plantio das sementes, no espaçamento entre linhas de 0,5 m e densidade de semeadura de 3,5 sementes/m (70000 plantas/ha), sendo cada parcela experimental constituída por sete linhas de plantio. O plantio foi realizado no dia 25/11/2022 com sementes de milho híbrido simples para silagem da Biomatrix, BM990 Vip3, RR e com o fungo micorrízico *Rhizophagus intraradices*.

O processo de inoculação foi feito em campo no mesmo dia do plantio. Foi utilizado a dose de 15 g/ha do produto comercial Rootella® BR ULTRA, e 50 ml de goma xantana a 2,5%, para ser aplicado em 3 kg de semente. Ao misturar a goma xantana nas sementes de milho, o inoculante em pó foi adicionado para ser aderido as sementes de

milho, e em seguida foram semeadas nos diferentes tratamentos de adubação fosfatada. A adubação de cobertura foi dividida em duas etapas, sendo a primeira aplicação de 350 g de ureia em 41 DAS, quando a cultura estava em estágio fenológico V6, e 350 g de ureia após 15 dias.

Aos 18 e 53 dias após semeadura (DAS) foi aplicado Glifosato em toda a área para o controle de plantas invasoras, na quantidade de 2 kg/ha. Aos 53 dias após a semeadura, foi realizado o controle de doenças fúngicas, mais especificamente para o controle de Helmitosporiose do milho Figura 4 causado pelo fungo *Exserohilum turcicum*. Também foi realizado o controle da Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) Figura 5 e Cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) Figura 6. Foi utilizada respectivamente a dose de 400 mL/ha do fungicida da marca convencional FOX® (Trifloxistrobina 150 g/L; Protioconazol 175 g/L) e 200 mL/ha do inseticida da marca convencional ENGEO PLENO™ S (Tiametoxam 141 g/L; Lambda-cialotrina 106 g/L).



Figura 4 - Sintoma mais típico da Helmitospirose.



Figura 5 - Lagarta do cartucho vista em campo.



Figura 6 - Cigarrinhas detectada em campo.

Para coleta de dados do experimento, foram selecionadas três plantas no primeiro dia de coleta (19/12/2022) das três linhas centrais de cada parcela experimental. Dessas plantas foram determinadas altura, diâmetro do colmo, estágio fenológico e área foliar. A medição da altura da planta foi feita a partir da superfície do solo, até a base da última folha, com auxílio da fita métrica.

O estágio fenológico foi determinado pela contagem direta do número de folhas e classificado de acordo com escala fenológica de Ritchie, et al., (1993).

Na Figura 7 é possível ver a planta do milho em estágio VT, que é o último estágio vegetativo da planta. Esse estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não tenham ainda emergido (EMBRAPA, 2006).

Na Figura 8 está registrado a planta de milho no estágio R1, o primeiro estágio de reprodução da planta, também conhecido como embonecamento. Esse estágio é iniciado quando os estilos-estigmas estão visíveis, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas (EMBRAPA, 2006).

As medidas do diâmetro do colmo foram realizadas com auxílio de paquímetro próximo à superfície do solo (BELEZE et al., 2003). Para determinar a área foliar da planta, foi coletado a largura e o comprimento de todas as folhas totalmente abertas, desconsiderando as folhas com 50% ou mais de senescência para reproduzir o cálculo da área foliar (VIEIRA, et al., 2006). Esses dados foram coletados semanalmente, desde a emergência das plantas até o florescimento. O florescimento das plantas dentro das parcelas experimentais foi relatado no dia 13/02/2023.



Figura 7- Pendoamento na área experimental.



Figura 8 - Embonecamento na área experimental

4.2 Análise de produtividade

A colheita foi realizada no dia 14 de abril de 2023. Foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas de cada parcela. Após a seleção, ocorreram três pesagens.: i) a primeira da planta com as espigas; ii) depois a planta sem as espigas e; iii) por fim somente apenas as espigas. Posteriormente, as espigas foram levadas ao galpão de máquinas da Fazenda Água Limpa, onde, usando um debulhador de espiga de milho Figura 9, foram separadas as espigas dos grãos.



Figura 9 - Maquinário utilizado para a debulha das espigas.

Os grãos foram levados para estufa à 65 °C até atingirem peso constante. Os dados das pesagens foram utilizados para a determinação da umidade do material (Eq. 1):

$$TA = \frac{m_i - m_f}{m_f} \quad (1)$$

Onde: TA é o Teor de água (%), m_i é a massa inicial dos grãos, antes destes serem levados para a estufa (g) e m_f é a massa final dos grãos, após serem retirados da estufa (g).

Assim, com os dados de umidade dos grãos no momento da colheita, estimou-se a produtividade de cada parcela experimental para a umidade dos grãos corrigidas para 13% b.s. (base seca).

4.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5% de probabilidade com auxílio do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2019).

4.4 Descrição do híbrido e do inoculante

4.4.1 Híbrido BM990 Vip3

O híbrido BM990 Vip3 RR foi a semente escolhida para o experimento. A detentora da tecnologia é a empresa Sementes Biomatrix. A semente tem características que auxiliam o produtor na safra e na safrinha. Dentre as características é possível citar a principal tecnologia que é a Agrisure Viptera® 3. Essa tecnologia oferece proteção contra as principais lagartas que atacam a cultura do milho. A tecnologia, presente em diversos híbridos do mercado, apresenta também tolerância ao Glifosato (BIOMATRIX, 2023).

Outras características dessas sementes são o ciclo precoce, que auxilia programar a safra em janelas de cultivo mais estreitas. A sua resposta ao investimento nessa tecnologia está classificada pela empresa como média alta, o que confirma um resultado esperado depois do manejo adequado, com correções de solo, irrigação adequada e horas de sol suficientes para o desenvolver do híbrido. A média de sua altura fica entre 2,40 a 2,60 m. O grão deste híbrido é do tipo semiduro e alaranjado com arquitetura semiereta. A altura da espiga é de 1,10 a 1,50 m. A semente é indicada para todas as regiões do país, variando sua população por hectare de 65 a 75 mil sementes no verão e de 60 a 65 mil plantas na safrinha (BIOMATRIX, 2023).

4.4.2 Inoculante

Foi aplicado o Rootella® BR ULTRA, que, segundo o fabricante, é um inoculante natural com alta concentração de endomicorrizas. Ele é comercializado na forma de pó fino concentrado. O inoculante, vem com concentrações extremamente altas de endomicorrizas, onde são pelo menos 167.000 propágulos de *Rhizophagus intraradices* por grama de produto, (NOVA TERO, 2020)

O Rootella® BR ULTRA foi o primeiro produto à base de FMA, da espécie *Rhizoglyphus intraradices* a obter o registro do Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização, caracterizando-se, segundo NovaTero (2019), como um produto capaz de proporcionar aumento do sistema radicular, maior disponibilidade de nutrientes e auxílio à recuperação de solos degradados (VIEIRA, 2021).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2, observa-se o resumo da análise de variância com os respectivos valores de P-valor, para as variáveis: diâmetro do colmo, altura da planta, índice de área foliar (IAF) e produtividade, em função inoculação e níveis de fósforo e a interação inoculante e fósforo.

Tratamento	P-valor			
	Diâmetro	Altura	IAF	Produtividade
Inoculado	0,1241	0,0001**	0,1842	0,2184
Fósforo	0,0003**	0,0021**	0,0564	0,0062**
Inoculado*Fósforo	0,4824	0,0002**	0,1992	0,2563

Tabela 2 - Síntese da análise de variância

**há diferença significativa para o nível de significância de 5%

Foram significativos os efeitos da interação inoculação e doses de P sobre a altura da planta, diâmetro e produtividade. Verificou-se também que a análise de variância não apresentou diferença significativa para os tratamentos para a variável índice de área foliar (IAF).

5.1 Diâmetro do colmo

A análise de variância apresentou diferença entre doses de P aplicadas. Na Tabela 3 é possível observar os resultados do Teste de Tukey para os diferentes níveis de fósforo.

Tabela 3 – Diâmetro do colmo do milho em resposta a doses de P.

Dose de P (kg ha ⁻¹)	Diâmetro do Colmo (mm)
0	21,75b
50	22,99b
100	25,25a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Infere-se da Tabela 3 que aplicar 100% da dosagem de fósforo possibilita ocorrer um aumento significativo no diâmetro do colmo das plantas de milho, quando comparado a aplicação de 0 e 50% da recomendação de fósforo.

A partir da Figura 10 é possível acompanhar o desenvolvimento do diâmetro do colmo em cada dose de fósforo aplicado ao longo dos dias após a semeadura. Efetuando uma média das medições de todos os dias de coleta, foi possível observar que o diâme-

tro do colmo das parcelas com aplicação de 100% e 50% do fósforo recomendado aumentaram em 18,72% e 6,78%, respectivamente, em comparação com as parcelas que receberam a aplicação da dose de 0%.

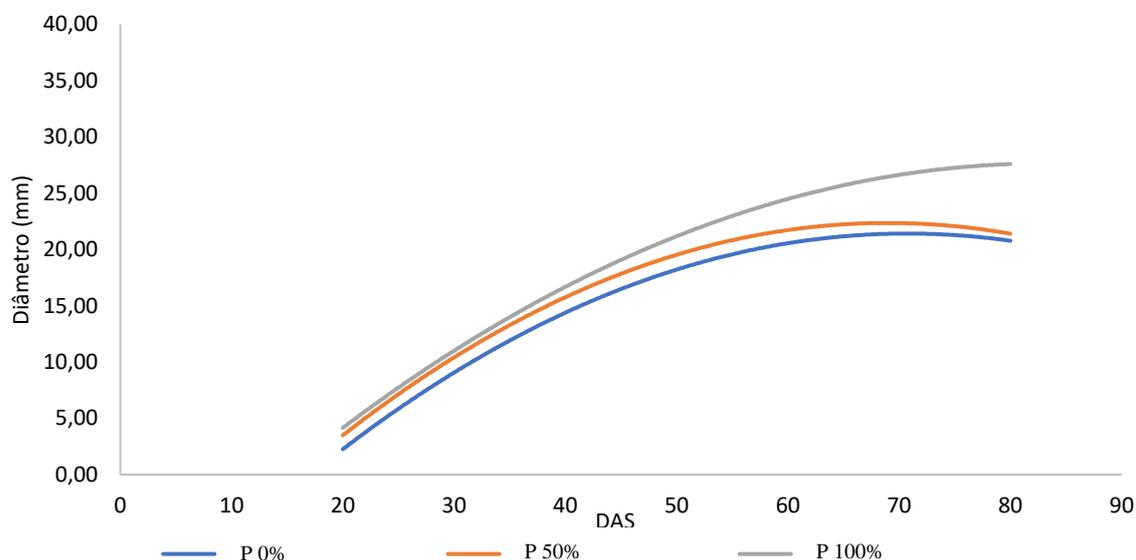


Figura 10 - Diâmetro do colmo em resposta a doses de fósforo ao longo dos dias após a semeadura

Os resultados obtidos para o diâmetro do colmo da planta do milho, corroboram os resultados obtidos por Dartora et al. (2013), do qual constataram influência positiva da adubação na obtenção de maiores diâmetros no colmo da planta do milho, para o fósforo. De acordo com Soratto et al. (2010) esse aumento é influenciado pela adubação fosfatada, justificaria um aumento na produtividade, visto que maiores diâmetros de colmos se correlacionam positivamente com índices agrônômicos.

5.2 Altura da planta

A análise de variância apresentou diferença significativa para todos os fatores analisados. Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 é possível observar os resultados do teste de Tukey como forma de análise complementar para o fator inoculado, níveis de fósforo e para interação inoculado com fósforo.

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicou que a planta de milho inoculada apresentou média de altura da planta maior que as plantas de milho não inoculadas.

Tabela 4 – Altura da planta de milho em resposta a inoculação do fungo micorrízico.

Tratamento	Médias*
------------	---------

Inoculado	153,8a
Não Inoculado	120,47b

*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pesquisas realizadas por Mathur et al. (2018) revelaram que plantas de milho inoculadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMA), principalmente pelo *Rhizophagus intraradices*, apresentam aumento dos parâmetros morfológicos básicos, como a altura, com alturas médias de 140 cm quando comparadas com as plantas sem inoculação, que apresentaram medias de 120 cm.

Resultados obtidos para a altura de plantas inoculadas desta pesquisa também corroboram com os resultados encontrados por Buzo (2021) onde evidenciou influência positiva na interação entre a altura da planta do milho com a inoculação, para plantas inoculadas, a altura média observada foi de 145,7 cm, cerca de 22% maior comparada com as não inoculadas.

Na Tabela 5 é possível observar que, de acordo com a análise complementar para o nível de significância a 5%, a aplicação de 100% da dose recomendada de fósforo resulta em aumento significativo na altura das plantas de milho, quando comparada a aplicação de 0% da recomendação de fósforo, sendo que 50% da recomendação não difere significativamente entre esses níveis.

Tabela 5 - Altura da planta de milho em resposta a doses de P.

Tratamento	Médias*
0	128,22 a
50	137,95 ab
100	145,24 b

*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para altura da planta do milho corroboram com os resultados obtidos para Veloso et al. (2016), onde foi possível verificar que a adubação fosfatada influenciou positivamente no aumento dos valores de altura da planta do milho. A partir da Figura 11, também é possível visualizar o crescimento da planta do milho em função do tempo sob diferentes dosagens de fósforo.

Realizando uma média das medições de todos os dias de coleta, foi possível concluir que a altura das parcelas com aplicação de 100% e 50% do fósforo recomendado aumentaram em 12,34% e 4,05%, respectivamente, em comparação com as parcelas que receberam a aplicação da dose de 0%.

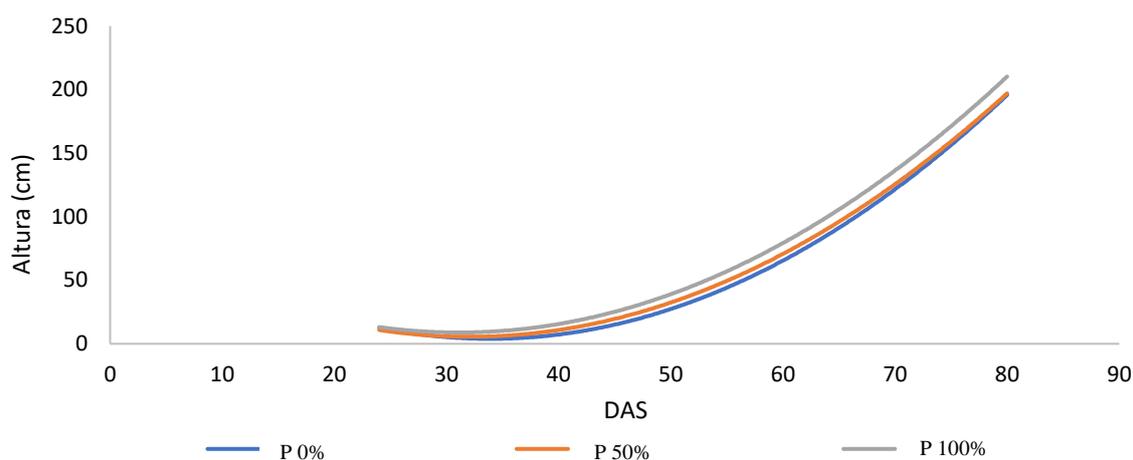


Figura 11 - Altura do milho por dosagem após a semeadura

A Tabela 6 apresenta os resultados do Teste de Tukey para a interação da Inoculação e a adubação fosfatada. Com base na análise complementar do desdobramento de inoculado para cada nível de fósforo, a semente inoculada faz com que ocorra um aumento significativo da altura do milho para todos os níveis de fósforo, quando comparado com as sementes não inoculadas. Ainda, é possível observar que a aplicação de fósforo apresentou diferença significativa na altura da planta para as sementes inoculadas, sendo que somente a aplicação de 100% da recomendação de fósforo apresentou diferença significativa na altura da planta, quando comparado com a aplicação de 0 e 50% da recomendação de fósforo.

Tratamento	0%	50%	100%
Inoculado	136,74Ab	149,25Ab	175,00Aa
Não Inoculado	119,69Bb	126,66Bb	115,48Bb

Tabela 6 - Altura da planta de milho em resposta a doses de P e inoculação do fungo micorrízico.

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 12 se observa o crescimento da planta com o fator de inoculação ao longo dos dias após a semeadura. Executando uma média das medições de todos os dias de coleta, foi possível concluir que a altura das parcelas inoculadas aumentou em 27,82% em comparação com as parcelas não inoculadas.

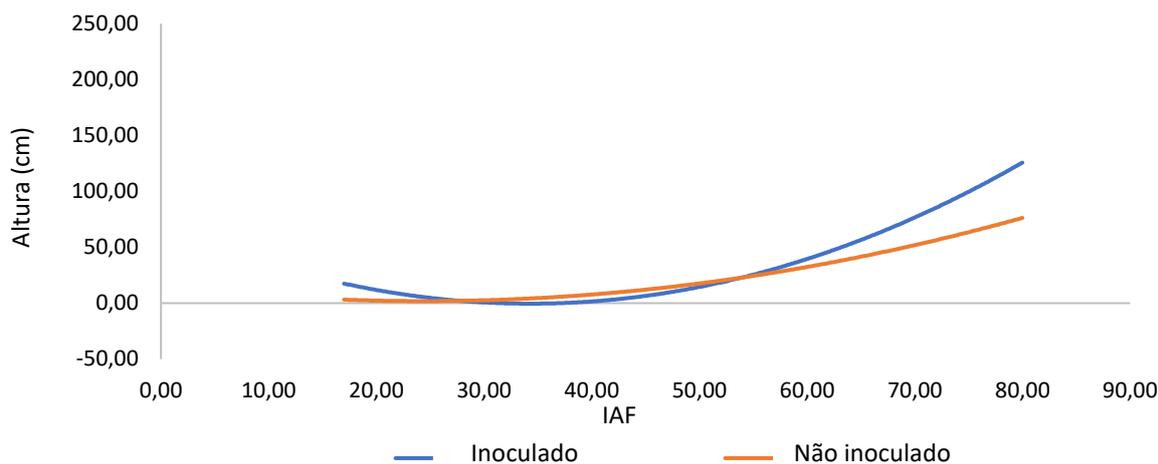


Figura 12- Altura do milho inoculado/não inoculado após a semeadura.

Resultados semelhantes foram observados por Mc Goingle et al. (1990), que observaram aumento no crescimento da parte aérea da planta de milho em decorrência da inoculação com FMA. Em pesquisas feita por Cassiolato et al. (2010) foi possível verificar resultados semelhantes quando foi observado que alguns genótipos de milho tiveram aumento no desenvolvimento da altura das plantas inoculadas, pelo fato de que as FMAs influenciaram no aumento na absorção de água e de nutrientes.

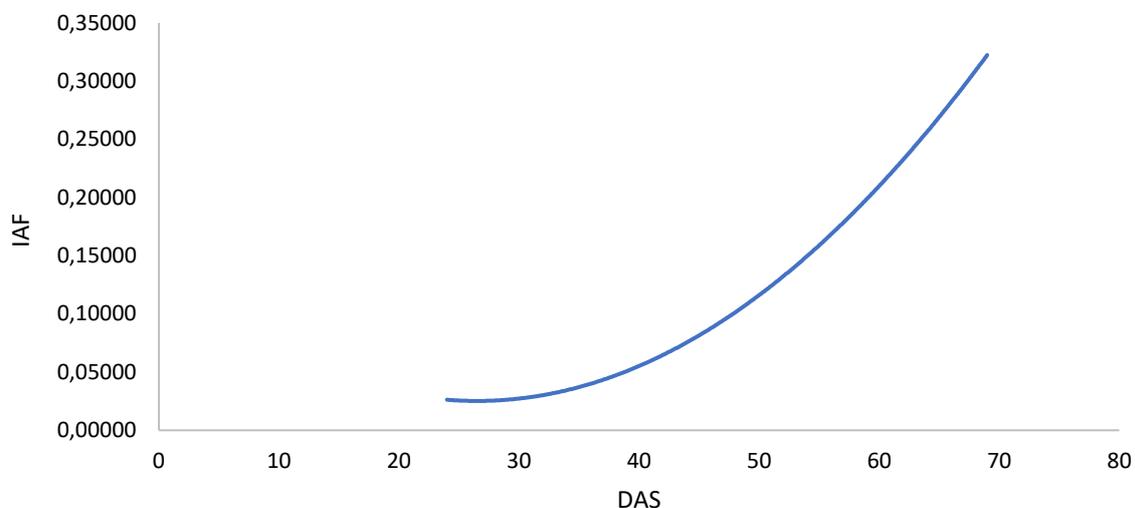
No que se refere ao milho inoculado, sua altura evidenciou uma diferença significativa perante o milho não inoculado. De acordo com resultados de Santos et al. (2018) a inoculação permite uma maior absorção de nutrientes disponibilizados no solo, dessa forma, essa maior absorção ajuda a planta se desenvolver com um maior vigor.

Efetuando uma média das medições de todos os dias de coleta, foi possível concluir que a altura das parcelas inoculadas aumentou em 27,82% em comparação com as parcelas não inoculadas.

5.3 Índice de área foliar

Os resultados da ANOVA foram conclusivos em não haver diferença significativa ($\alpha = 0,05$) tanto nas variáveis de dosagens de fósforo quando na variável inoculado ou não para o índice de área foliar. A partir da Figura 13, é possível verificar o comportamento dessa variável. É possível observar um desenvolvimento acelerado até os primeiros dois meses, depois a variação de desenvolvimento ficou cada vez menor, pois as necessidades da planta vão mudando ao decorrer do ciclo. Em V4 para o R1 a planta

houve uma variação de 80,4% de desenvolvimento do IAF, porém, de V8 para R1 a



variação foi apenas de 11,5%.

Figura 13- Desenvolvimento do índice de área foliar após a semeadura

5.4 Produtividade

A análise de variância para produtividade apresentou diferença significativa para a aplicação com fósforo. A partir da Tabela 7 é possível verificar os resultados do teste de Tukey para os diferentes níveis de aplicação de fósforo.

Tratamento	Médias (t/ha) *
0	9,07a
50	9,60a
100	11,62b

Tabela 7 – Produtividade do milho em resposta a doses de P.

*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A partir da análise complementar, é possível inferir que a aplicação de 100% da recomendação de fósforo faz com que ocorra um aumento significativo na produtividade do milho, quando comparado com a aplicação de 0 e 50% da recomendação de fósforo. Resultados semelhantes foram observados em pesquisas de Mar et al. (2003) e Souza e Soratto (2006), onde foram observados aumento significativo na produtividade com a aplicação de 100% da recomendação de NPK.

6. CONCLUSÃO

O inoculante micorrízico comercial a base de *Rhizophagus intraradices* favoreceu em cerca de 16% a mais o desenvolvimento do diâmetro de colmo das plantas adubadas com 100% de fósforo, comparado com as plantas sem adubação de fósforo.

As plantas inoculadas apresentaram um aumento de 28% na altura, quando comparadas com as plantas de sementes não inoculadas. A aplicação de 100% da dosagem recomendada de fósforo influenciou no aumento de 13% na altura das plantas, em relação às plantas não inoculadas. As plantas inoculadas obtiveram um aumento de 14%, 17% e 51% em sua altura para os níveis de fósforo P0, P50 e P100% respectivamente, quando comparado com as plantas não inoculadas, que não apresentaram diferença significativa em nenhum dos tratamentos.

Aplicar 100% da recomendação de fósforo possibilitou um aumento de 36% na produtividade quando comparado à aplicação de 0% e 50% da recomendação. A adubação fosfatada e o tratamento com inoculante nas sementes de milho não influenciam de maneira significativa os valores do índice de área foliar (IAF) da cultura, considerando as condições de cultivo do experimento.

Vale ressaltar que os resultados obtidos, foram influenciados pelas características do experimento, como por exemplo, os níveis de fósforo já presente no solo antes do experimento, o tipo de análise estatística submetida ao experimento, o tipo de delineamento experimental, entre outras características que podem ter influencia direta nos resultados.

Portanto, se torna necessário realizar mais experimentos dentro do assunto, afim de entender mais sobre a influência do fosforo na cultura do milho, e sobre a influência do produto em mais áreas de diferentes condições para o experimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, [S. l.], p. 51-67, 9 jun. 2022. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/42837_526b4c0d6f83ae8e34bb846683666d92. Acesso em: 10 abr. 2023.

AGUDELO, M. B. OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E CARACTERIZAÇÃO DE SIMBIOSE EM MILHO CRIOLO, HÍBRIDO CONVENCIONAL TRANSGÊNICO NO OESTE DE SANTA CATARINA, Brasil. 2016. 98f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

Aguirre-Medina, Juan Francisco; Cadena Iñiguez, Jorge; Velazco; Zebadúa, María Eugenia; Avendaño Arrazate, Carlos Hugo. **INFLUÊNCIA DE RHIZOPHAGUS INTRARADICES (SCHENK E SM.) WALTER E SCHUBLER EM EL RENDIMIENTO DE MAIZ INTERCIENCIA**, vol. 44, núm. 5, 2019, pp. 274-279 Asociación Interciencia Venezuela

BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. M.; FALCÃO, A. J. S. **Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) em Diferentes Estádios de Maturação- Produtividade, Características Morfológicas e Correlações**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.3, p.529-537, 2003.

BORÉM, João; PIMENTEL, Marco. **MILHO: do plantio, à colheita**. 2ª. ed. atual. e aum. [S. l.]: UFV, 2020. 376 p.

BUZO, Fernando. **MICORRIZAS NA CULTURA DO MILHO: PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO E MAIOR EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOSFATADA. SISTEMAS DE PRODUÇÃO**, [s. l.], p. 32-38, 18 ago. 2021.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P., **Fatores de influência no preço do milho no Brasil**. Nova Economia, v.22, n.1, 2012

CANTARELLA, H. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1. Ed, p. 375-449, 2007.

CARMO, S.L.M.; SANTOS, J.B.; HAGIWARA, W.E.; FERREIRA, J.L. **Avaliação do "stay green" em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ciência e Agrotecnologia, v.31, p.953-957, 2007.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. Ed, Jaboticabal, SP: FUNEP, 200.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. AgroConab, Brasília, DF, v. 3, n. 3, mar./2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Portal de Informações Agropecuárias. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>>. Aceso em: 10 de abril de 2023.

CONAB. **Estimativa do escoamento das exportações do complexo soja e milho pelos portos nacionais safra 2016/17**. Brasília: Conab, 2019.

- COSTA, E. F. N., SANTOS, M. F., Moro, G. V., Alves, G. F., & Souza Júnior, C. L. de. (2008). **Herança da senescência retardada em milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43(2), 207–213. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200008>
- DE SOUZA, Aguinaldo Eduardo et al. **ESTUDO DA PRODUÇÃO DO MILHO NO BRASIL**. South American Development Society Journal, [S.l.], v. 4, n. 11, p. 182, ago. 2018. ISSN 2446-5763. Disponível em: <<https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/150>>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Agropecuária, Guaíba, p. 21-54, 2000.
- DURÃES, F.O.M. **Limitações fisiológicas do milho nas condições de plantio nas regiões tropicais baixas**. In: XXVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Belo Horizonte, de 27 a 31 de agosto de 2006.
- DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. **Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States**. Crop Science, v.39, p.1622-1630, 1999.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. In: FANCELLI, A.L.; RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48)
- FIESP. **Safra mundial de milho**. Portal Fiesp, 2022
- GOODMAN, M.M.; SMITH, J.S.C **Botânica do milho**. In: Melhoramento e produção de milho no Brasil. 1978.
- Grant, C.A.; Flaten, D.N.; Tomasiewicz, D.J. & Sheppard, S.C. (2001). **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Informações Agronômicas, Potafós, 95: 16.
- JIANG, G.H.; HE, Y.Q.; XU, C.G.; LI, X.H.; ZHANG, Q. **The genetic basis of stay-green in rice analyzed in a population of doubled haploid lines derived from an indica by japonica cross**. Theoretical and Applied Genetics, v.108, p.688-698, 2004.
- VIEIRA, J. P. A., et al. "**Metodologia para estimativa da área foliar de genótipos de milho**." *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 5.02 (2006).
- KINIRY, J.R.; BONHOMME. **Predicting maize phenology**. In: HODGES, C. (ed.) Predicting crop phenology. 1991.
- LIMA, T.G. **Consequências da retirada do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho**. 2007. Universidade Federal de Lavras, MG.
- Lopes, A.S. (1989). **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: Fundação Cargill. 177p.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acessado em 26 de junho de 2023.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Cultivo do milho**. EMBRAPA MILHO E SORGO/ Sete Lagoas, 2009.

- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. EMBRAPA/Sete Lagoas, p. 27, 1995.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E.; CARNEIRO, N.P. **Fisiologia do milho**. EMBRAPA Sete Lagoas, 2002.
- MAGALHÃES, Paulo; DURÃES, Frederico. **Fisiologia da Produção de Milho**. Circular Técnica, [s. l.], 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acesso em: 9 maio 2023.
- MALDANER, L.J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J.F.; FRIGO, J.P.; AZEVEDO, K.D.; GRZESIUCK, A.E. **Exigência Agroclimática da cultura do milho (Zea mays)**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, São Paulo, v. 3, p. 13-23, 2014.
- MAR, G. D. et al. **Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação**. Bragantia, 2003 v. 62, n. 02, p. 267- 274.
- MATHUR, S.; SHARMA, M. P.; JAJOO, A. **Improved photosynthetic efficacy of maize (Zea mays) plants with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) under high temperature stress**. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, v. 180, p. 149–154, 2018.
- MENDES, Carlos. **Botânica do Milho**. Revista de Agricultura: Cathedratico de Agricultura, Especial da E. S. A. "L, Q"., Piracicaba, 1 jun. 1934.
- NOVATERO. Produto - **Rootella BR**, 2021. Disponível em: <https://www.rootellabr.com.br/>. Acesso em: 10 de maio de 2020.
- PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: 2006.
- PRADO, R.M; FERNANDES, F.M & ROQUE, C.G. **Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo em adubação de manutenção**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2001; 25:83-90.
- Raven | **Biologia vegetal** / Ray F. Evert e Susan E. Eichhorn; revisão técnica Jane Elizabeth Kraus; tradução Ana Claudia M. Vieira... [et.al.]. – 8. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- REIS, J. G. M. et al. **Avaliação das Estratégias de Comercialização do Milho em MS Aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP)**. Revista de Economia e Sociologia Rural, março 2016. 131-146.7777
- Revista de Política agrícola. **Oferta e demanda mensal de milho no Brasil Impactos da segunda safra**. Ano XXVII – No 4 – out./nov./dez. 2018
- RODOLFO Júnior, F. et al. **Relações solo-paisagem em topossequências na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal**. Pesquisas Agrárias e Ambientais, Sinop-MT, jan./mar, 2015. V. 03, n. 01, p. 27-35. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/2158/1683>. Acesso em 5 de maio de 2023.
- RUFF, O. J., Pereira Duarte, J., Cardoso dos Santos, C., & Rodrigues dos Santos, C. L. (2023). **Doses de fósforo em híbridos de milho cultivados em solo arenoso**. *Scientific Electronic Archives*, 16(5). <https://doi.org/10.36560/16520231717>.

SALGADO, F. H. M. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi and colonization stimulant in cotton and maize**. *Ciência Rural*, v. 47, n. 6, p. 1-8, 2017.

SANTOS, Leonardo Rodrigo Parra Mendes; AMARAL, Higo Forlan; NUNES, Maria Paula. **Desenvolvimento e assimilação de nutrientes de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de nitrogênio e fósforo**. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, [S.l.], v. 34, n. esp., p. 140-159, set. 2018. ISSN 2596-2809. Disponível em:

<<http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/522>>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SEMENTES DE MILHO HÍBRIDO BM 990 VIP 3 (PONCHO) - 60.000 SEMENTES - 13 KG - BIOMATRIX. AgriStore, 2022. Disponível em: <<https://agristore.com/sementes-de-milho-hibrido-bm-990-vip-3-poncho-60000-sementes-13-kg>>. Acesso em: 27 de abril de 2023.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. London: Academic Press. 2008.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. **Fontes alternativas no milho safrinha em sucessão à soja**. *Revista Ciência Agronômica*, 2010. v.41, p.511-518

SOUSA, V.F.O. (2020). **Uso de bactérias como inoculante e fonte de fertilizante na cultura do milho**. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.2, n.3, p.53-57.

SOUZA, Francisco Ronaldo Sarmanho *et al.* **Adubação Fosfatada em Cultivares de Milho**. [S.l.] 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149284/1/BOLETIM-PD-109-Ainfo.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2023.

Souza, V. C. de., Silva, R. A. da., Cardoso, G. D., & Barreto, A. F. (2006). **Estudos sobre fungos micorrízicos**. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 10(Rev. bras. eng. agric. ambient., 2006 10(3)), 612–618. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300011>

TOLLENAR, M.; WU, J. **Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance**. *Crop Science*, v.39, p.1597-1604, 1999.

VIEIRA, M. O. C. S.; REIS, A. A. dos; FARIA, L. R. de; RIBEIRO, K. D. **Utilização de adubo fosfatado e inoculante à base de fungo micorrízico no cultivo do feijão**. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 16–24, 2021. DOI: 10.30681/rcaa.v19i1.5025. Disponível em: <https://periodicos2.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/5025>. Acesso em: 10 maio. 2023.