

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL ROMBALDI

**POTENCIAL DE COMPLEXO NUTRICIONAL À BASE DE CALCITA E SILÍCIO
SOBRE A INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO**

DOIS VIZINHOS

2022

RAFAEL ROMBALDI

**POTENCIAL DE COMPLEXO NUTRICIONAL À BASE DE CALCITA E SILÍCIO
SOBRE A INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO**

**POTENTIAL OF THE NUTRITIONAL COMPLEX BASED ON CALCITE AND
SILICON IN THE INCIDENCE OF PESTS AND DISEASES IN THE CORN CROP**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Dr. Sérgio Miguel Mazaro

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

RAFAEL ROMBALDI

**POTENCIAL DE COMPLEXO NUTRICIONAL À BASE DE CALCITA E SILÍCIO
SOBRE A INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Dr. Sérgio Miguel Mazaro

Data de aprovação: 10/Julho/2022

Sérgio Miguel Mazaro
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Alfredo De Gouveia
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Claudia Regina Barbieri
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

DOIS VIZINHOS

202

AGRADECIMENTOS

Gostaria de em primeiro lugar agradecer à Deus pela benção e proteção, e sempre me acompanha em toda a caminhada acadêmica.

Meus pais, irmãs e parentes, que estão sempre me incentivando e apoiando, a continuar batalhando estudando para que consiga conquistar meus objetivos.

Minha esposa, sendo ela o grande motivo de batalhas e conquistas, por toda a dedicação que tem dado a mim e ao presente trabalho.

À Família Pizzolatto pela disposição da área para a condução do experimento, e apoio de equipamentos, além de grande apoio moral à execução do projeto.

Ao professor Sérgio Miguel Mazaro, o qual sempre está à disposição para ensinar e compartilhar seus conhecimentos, um excelente profissional e amigo.

Enfim, todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para o trabalho acontecer, muito obrigado.

RESUMO

ROMBALDI, R. Potencial de complexo nutricional à base de calcita silício sobre a incidência de pragas e doenças na cultura do milho. 27f. Trabalho de conclusão de curso II. Bacharelado em agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2022.

O milho (*Zea mays L.*) é uma das principais culturas do país e do mundo. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do complexo nutricional à base de calcita e silício sobre os parâmetros fitossanitários relacionados à cultura do milho. O trabalho foi conduzido no município de Saudade do Iguaçu, onde foram utilizadas sementes de milho Agrocere, variedade AG 9030. A semeadura ocorreu no mês de setembro de 2021, com espaçamento de 45 centímetros entre linhas. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 10 repetições, compostos por parcelas de duas linhas de cultivo de 50 metros de comprimento. Foram dois tratamentos, a testemunha com o manejo fitossanitário utilizado pelo produtor, e o uso do produto a base de calcita e silício, na dosagem de 750 g/ha, em quatro aplicações, sendo: 1ª VC; 2ª (intervalo de 14 dias), 3ª em V8 e a 4ª em VT. As variáveis avaliadas foram, incidência de pragas e doenças realizados a partir da primeira aplicação com intervalos de 20 dias, iniciando-se aos 70 dias (R1) até o final do ciclo da cultura (110 dias – R6). A aplicação de calcita e silício, foi capaz de reduzir significativamente a incidência de doenças na cultura do milho, sendo tal diferença observada aos 70 dias após a emergência. O uso do silício não interferiu na incidência de pragas na cultura do milho nas condições avaliadas.

Palavras-chave: *Zea mays L.*; Controle de Pragas; Controle de Doenças

ABSTRACT

ROMBALDI, R. Potential of the nutritional complex based on calcite and silicon in the incidence of pests and diseases in the corn crop. 27f. Course completion work II. Bachelor's degree in agronomy. Federal Technological University of Paraná, Dois Vizinhos, 2022.

Corn (*Zea mays L.*) is one of the main crops in the country and in the world. Thus, the objective of this work was to evaluate the potential of the calcite and silicon based nutritional complex on the phytosanitary parameters related to the corn crop. The work was carried out in the municipality of Saudade do Iguaçu, where Agroceres corn seeds, variety AG 9030, were used. Sowing took place in March 2021, with a spacing of 45 centimeters between rows. The experimental design was randomized blocks, with 10 replications, composed of plots of two cultivation lines of 50 meters in length. There were two treatments, the control with the phytosanitary management used by the producer, and the use of the calcite and silicon based product, at a dosage of 750 g/ha, in four applications, being: 1st VC; 2nd (14 days interval), 3rd in V8 and 4th in VT. The variables evaluated were the incidence of pests and diseases carried out from the first application at 20-day intervals, starting at 70 days (R1) until the end of the crop cycle (110 days - R6). The application of calcite and silicon was able to significantly reduce the incidence of diseases in corn, and this difference was observed at 70 days after emergence. The use of silicon did not affect the incidence of pests in corn under the conditions evaluated.

Keywords: *Zea mays L.*; Pest Control; Disease Control.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVO	9
2.1	Objetivo Geral	9
2.2	Objetivo Específico	9
3	REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1	Cultura do milho	10
3.2	Pragas no milho	10
3.3	Doenças do milho	12
3.4	Calcita	13
3.5	Silício	14
4	MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1	Localização do experimento	16
4.2	Condução do experimento	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

Introdução A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das principais *commodities* mundiais. No Brasil, na safra de 2020/2021 a produção estimada do grão pela Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB foi de 108,1 milhões de toneladas, com um acréscimo de 5,4% na produção em comparação à safra anterior. Isso se deve à grande demanda do grão, que é utilizado na indústria alimentícia humana e animal, produção de etanol, cosméticos entre outros setores (CONAB, 2021). O uso do milho em grãos como alimento animal representa cerca de 70% do consumo deste cereal no mundo (DUARTE, 2004).

Devido sua ampla distribuição, da semeadura até sua colheita a cultura sofre com o ataque de pragas e doenças, podendo estas diminuir significativamente a qualidade e o volume de grãos esperados, caso não sejam manejados de forma adequada (FILHO WORDELL *et al.*, 2016).

As doenças do milho podem ser causadas por diversos fatores, como microorganismos (fungos, bactérias e vírus), motivos ambientais (temperatura, umidade e incidência de radiação luminosa) podem aumentar ou diminuir conforme sua incidência. De acordo com Medina (2018), existem oito principais doenças do milho: Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*), Mancha Branca (*Phaeosphaeria maydis*), Ferrugem Polissora (*Puccinia polysora*), Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), Mosaico na cultura do milho (*Sugarcane mosaic*), Antracnose na cultura do milho (*Colletotrichum graminicola*), Mancha branca (*Bipolaris maydis*) e Enfezamentos da cultura (complexo fungos, mollicutes e ataque de cigarrinha).

Quanto às pragas, conforme Filho Wordell *et al.* (2016), as principais são: lagarta do cartucho ou lagarta militar (*Spodoptera frugiperda*), pulgão do milho (*Rhopalosiphum maidis*), cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), percevejo barriga verde (*Dichelops furcatus*) e larva alfinete (*Diabrotica speciosa*).

Atualmente existem diversos produtos químicos e biológicos que contribuem no controle de pragas e doenças (CRUZ, 2015). Uma boa nutrição também pode auxiliar. Nesse sentido, os complexos nutricionais vêm sendo utilizados de forma complementar e o uso de alguns micronutrientes podem desencadear mecanismos de defesa vegetal, como é o caso da calcita e do silício.

A calcita é utilizada na agricultura como redutor de PH do solo, entretanto na planta ela é capaz de realizar outras atividades específicas que proporcionam ganhos na produção de grãos. Aumenta o número de flores e prolonga o período de floração, proporciona maior uniformidade do estande de plantas no campo. Outro fator bastante importante é o aumento da resistência dos tecidos vegetais contra fungos e bactérias (DE MORAES GALARZA, Rodrigo et al 2012).

O silício (Si) é um elemento benéfico, apesar de não ser considerado essencial, ele está relacionado com a diminuição de ataques de pragas e doenças, além de melhorar a absorção de nutrientes (EPSTEIN, 1999).

Trabalhos como o de Oliveira (2009) em trigo e milho mostram resultados promissores com aplicação de produtos à base de silício. As plantas apresentaram maior quantidade de massa seca, maior produtividade, bem como melhor absorção de nutrientes e água.

Nesse sentido, estudos com aplicação de complexos nutricionais, à base de calcita e silício, devem ser melhor explorados, pois podem contribuir diretamente de maneira eficaz para o manejo de pragas e doenças na cultura do milho, aumentando a produção da cultura e diminuindo aplicações de produtos químicos e conseqüentemente os investimentos financeiros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial do complexo nutricional à base de calcita e silício sobre os parâmetros fitossanitários relacionados à cultura do milho.

2.2 Objetivo específico

Verificar o potencial do complexo nutricional à base calcita e silício sobre a incidência de pragas na cultura do milho;

Analisar o potencial do complexo nutricional à base de calcita e silício sobre a incidência de doenças na cultura do milho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays L.*) é uma gramínea pertencente à família *Poaceae* (MELO FILHO, 2015). É uma espécie anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo afilamento, monóico-monoclina, classificada no grupo das plantas C4, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente (SILVA NUNES, 2020).

Há indicações de que a utilização do milho como cultura tenha sido originada no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos há pelo menos cinco mil anos. Logo depois do descobrimento da América, o milho foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício se tornou conhecido, sendo então disseminado pelo mundo (DUARTE, 2010).

A cultura do milho da sementeira até a colheita, requer uma temperatura de 24 a 30 graus, boa radiação solar e fotoperíodo, adequada disponibilidade hídrica do solo (SILVA NUNES, 2020), podendo assim atingir níveis de produtividade excelentes superiores à 17 t ha⁻¹ (MANTOVANI, *et al*, 2015).

Sua importância está associada à versatilidade em sua utilização, já que é considerado um alimento energético para dietas tanto humanas, quanto animais. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, com possibilidade de aumento desse percentual para 85% em países desenvolvidos (PAES, 2006).

3.2 Pragas no milho

Na cultura do milho existem uma grande diversidade de insetos causadores de danos à cultura. Alguns podem ser considerados pragas chaves, que ocorrem com frequência e causam danos econômicos relativos durante o ciclo de produção do grão (BARROS, 2012) podendo levar a perdas de produção de até 100% (CRUZ, 1999).

Segundo Filho Wordell, (2016), as principais pragas na cultura do milho, que apresentam maior dificuldade perante seu controle e severidade de ataque, são cinco: lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), pulgão do milho (*Rhopalosiphum maidis*), cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), percevejo barriga verde (*Dichelops furcatus*) e larva alfinete (*Diabrotica speciosa*). Cada praga

apresenta suas características distintas tanto morfológicas, como fisiológicas, além de técnicas e métodos de controle diferentes.

A lagarta do cartucho, também conhecida como lagarta militar (*Spodoptera frugiperda*), pode ser encontrada em todo o território brasileiro. Ainda segundo Cruz, 1995, a lagarta possui um ciclo de vida completo, ou seja, passa por quatro fases distintas: ovo, larva, pupa e adultos. Quando em estágio de larva, raspam as folhas apenas de um lado e assim que se desenvolvem, as furam até danificá-las completamente, causando os principais prejuízos na cultura, deixando-a exposta para entrada de doenças (WANGEN *et al.*, 2015).

O pulgão do milho (*Rhopalosiphum maidis*), é caracterizado por insetos com ou sem asas, que vivem em colônias. Seu ciclo biológico varia de 20 a 30 dias e cada fêmea origina cerca de 70 novos pulgões. A Maior incidência de ataques da praga pode ser observada no pendoamento do milho, onde plantas totalmente atacadas apresentam murcha, encarquilhamento e clorose das folhas. A colônia de pulgão pode também cobrir o pendão do milho, impedindo que o pólen seja distribuído (BOER, 2017).

Quanto à cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), esta é um inseto pequeno, com cerca de 0,3 a 0,5 cm, com uma coloração amarelo-palha (PINTO, 2021). Alimenta-se e se reproduz nas plantas de milho, seu ciclo de vida de ovo até adulto é de 15 a 27 dias de acordo com a temperatura e umidade (ZURITA, 2000; WAQUIL *et al.*, 1999). É o principal vetor do enfezamento do milho, vermelho e pálido (SILVEIRA *et al.*, 2008).

Percevejos barriga verde (*Dichelops furcatus*) quando adultos medem cerca de 9 e 11 mm de comprimento, sua coloração em vista dorsal varia de castanho à acinzentado e seu abdome apresenta cor verde (PANIZZI *et al.*, 2015). Ele se alimenta da seiva do milho, onde também injeta toxinas que, ao serem transmitidas para a planta do milho, emitem perfilhos com folhas deformadas e retorcidas (CHIARADIA, 2017).

As fêmeas da larva alfinete (*Diabrotica speciosa*) possuem um ciclo de vida que varia em torno de 50 dias, conforme as condições do clima e temperatura (AGRO BAYER, 2020). Realizam as posturas de preferencialmente no solo. É uma praga polífoga que afeta diversas culturas no Brasil. Na fase larval ataca o sistema radicular das plantas de milho e na sua fase adulta consome os estigmas antes da fecundação, provocando falha de grãos (ROSA, 2017).

3.3 Doenças no milho

A incidência e severidade de doenças na cultura do milho tem aumentado muito nos últimos anos. As mudanças climáticas favorecem a multiplicação de inóculos e diversos patógenos se multiplicam mais rapidamente (PINTO, 2006).

No Brasil, atualmente, são muitas as doenças da cultura do milho. Destaca-se a mancha-branca (*Phaeosphaeria maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), a cercosporiose (*Cercospora zeaе maydis* e *Cercospora sorghi* f. sp. *maydis*), a antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*), o enfezamento pálido e o enfezamento vermelho.

A mancha-branca (*Phaeosphaeria maydis*), é causada pela bactéria denominada de *Pantoea ananatis*. Segundo BRITO, *et al.* (2011), milhos com características suscetíveis podem apresentar perdas que chegam a 60% na cultura. Os sintomas iniciam-se com o aparecimento de manchas cloróticas aquosas, onde depois passa a ser necrótica com uma coloração palha. Suas condições para desenvolvimento da doença são uma umidade relativa acima de 60% e temperatura noturna que se aproxima de 14 graus (FERNANDES; OLIVEIRA, 2000).

Ferrugem polissora causada por *Puccinia polysora*, possui pústulas circulares a ovais de coloração marrom, medem cerca de 0,2 a 2,0 mm de comprimento, distribuídas na parte superior das folhas (DUDIENAS *et al.*, 2013). Segundo Colombo *et al.* (2014), as perdas de produtividade da cultura do milho, devido à severidade de incidência da doença, podem chegar a 65%, em climas favoráveis à doença.

A helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) em condições de temperatura e umidade relativa adequadas para o desenvolvimento da doença, as perdas causadas por ela podem chegar aos 45% (COTA, 2013). Sintomas comuns da doença são lesões necróticas, medindo 2,5 à 15 cm de comprimento as primeiras lesões aparecem nas folhas mais velhas (WHITE, 2000).

Cercosporiose (*Cercospora zeaе maydis*) de acordo com PINTO *et al.* (2004), à doença em suas condições de desenvolvimento que são, alta umidade relativa, e temperaturas elevadas, pode chegar à severidade de perdas entre 20 e 60% na produção de grãos. Os sintomas são manchas de coloração cinza, retangulares à irregulares, junto com lesões desenvolvendo-se paralelas às

nervuras, onde a disseminação ocorre por resto da cultura e vindas do vento (CASELLA, 2006).

Antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*), todas as partes do milho podem ser afetadas resultando diferentes sintomas nas folhas, colmo, raízes, e pendão em condições ideais de luz e temperatura (FERREIRA; CASELA, 2001). O fungo tem pouca capacidade de sobreviver no solo, mas em restos culturais é capaz de viver durante longos períodos de tempo, assim quando tiver retorno da cultura na área haverá infecção do fungo na cultura (TROJAN; PRIA, 2018).

Os enfezamentos da cultura são causados por Mollicutes: *Spiroplasma* e *Phytoplasma*, transmitidas e disseminadas por uma cigarrinha (*Dalbulus maidis*) com o tamanho de 0,5 cm (CASELLA, 2006). Os sintomas do enfezamento pálido são, estrias esbranquiçadas irregulares na base das folhas que se estendem em direção à ponta, encurtamento dos entrenós, espigas sem grãos, e grãos frouxos e manchados (OLIVEIRA, 2003). Para o enfezamento vermelho os sintomas são, avermelhamento das folhas, a proliferação de espigas, o perfilhamento na base da planta e nas axilas foliares e encurtamento dos entrenós.

3.4 Calcita

A calcita é um carbonato extremamente comum, muito importante como formador de rocha, ocorrendo em sedimentos e em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. É um minério importante, com centenas de usos na indústria, como na fabricação do cimento, como carga mineral em cosméticos, tintas e borrachas, na siderurgia, na metalurgia, na agricultura e muitas outras (OLIVEIRA et al. 2012).

A calcita é utilizada na agricultura como um redutor de acidez no solo, pode ser aplicada de várias formas, a lancha sendo o mais comum. na forma de granulado ou em pó, também pode ser aplicado na forma líquida por pulverização. (HOYAS, 1990). Além de reduzir a acidez, ela é capaz de realizar outros benefícios para as plantas e o solo como: Aumenta o número de flores e prolonga o período de floração, proporciona maior uniformidade do estande de plantas no campo. Outro fator bastante importante é o aumento da resistência dos tecidos vegetais contra fungos e bactérias (DE MORAES GALARZA, Rodrigo et al 2012).

Este nutriente é absorvido pela planta na forma de Ca^{2+} da solução do solo, e atua em diversos compostos (citrato, pectato, oxalato, carbonato de cálcio etc.) e

funções (ativação enzimática, formação de lamela das células, absorção de nutrientes e parede celular), sendo armazenado no vacúolo.

Como o cálcio é um elemento estrutural dentro da planta, não possui mobilidade dentro desta. Os sintomas de deficiência se observam nas partes novas, através de deformações e enrolamentos nas folhas devido à ausência de parede celular. Observa-se também a morte da gema apical, clorose e necrose internerval nas folhas.

3.5 Silício

O silício é considerado como um micronutriente pela legislação brasileira, quanto às fontes, somente o silicato de potássio foi regulamentado como fonte de silício solúvel para ser usado na agricultura, o silicato apresenta aspecto viscoso e incolor. Devido sua solubilidade pode ser aplicado via foliar, fertirrigação e por hidroponia. No solo, o silício desloca o fósforo (P) fixado nos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, tornando-o disponível para as plantas (BRAGA, 2010).

O silicato de potássio é originado através da fusão, em alta temperatura e pressão, da sílica, um quartzo finamente moído, com hidróxido de potássio ou carbonato de potássio. Atualmente no mercado, existem diferentes tipos de silicatos de potássio com quantidades de silício e potássio variados. São produtos totalmente solúveis em água, de pH alto (12), densos ($d = 1,4 \text{ g cm}^{-3}$), com teores médios de Si de 10 a 12,2% e de 10 a 15% de K_2O (FREITAS, 2011).

O silício é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico, translocado pelo xilema até a parte aérea, sendo depositado na parede celular das células da epiderme das folhas, na camada subcuticular e nos espaços intercelulares. Devido ao processo de evaporação da água ou o seu transporte para outros tecidos, o ácido monossilícico se condensa em sílica gel polimerizada, não podendo ser redistribuído pela planta, tornando-se imóvel (MA *et al.*, 2001).

Os estresses das plantas são reduzidos com a aplicação de silício devido a interação dele com os outros nutrientes. A toxicidade do ferro, zinco, manganês, sódio e alumínio pode ser minimizada e até evitada com a aplicação de silicatos (KORNDORFER, 2006).

A adubação com silício é capaz de aumentar significativamente a produtividade em grandes culturas de grãos, além do acúmulo desse nutriente nas folhas formar

uma barreira mecânica de proteção, que proporciona redução na incidência do ataque de insetos herbívoros e penetração de fungos (CAMARGO *et al.*, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização da área experimental

O trabalho foi conduzido no município de Saudade do Iguçu, região sudoeste do Paraná, na comunidade de Linha Biguá, propriedade do Senhor Roberto João Pizzolatto, situado nas coordenadas: Longitude 341221.46 m E Latitude 7153333.99 m S, a propriedade possui área total de 2,5 hectares, sendo utilizadas para a realização do experimento 0,036 hectares.

4.2 Condução do experimento

Para o experimento foram utilizadas sementes de milho Agroceres, variedade AG 9030, que é agronomicamente indicada para a região estudada, no plantio de milho safrinha.

As sementes de milho foram semeadas no mês de setembro de 2021, em um espaçamento de 45 centímetros entre linhas. A adubação foi de base, com a fórmula 8.20.20 kg/ha, conforme indicação e interpretação da análise de solo, realizada previamente.

O produto utilizado para o experimento é o fertilizante foliar à base de silício. Foram dois tratamentos, a testemunha com o manejo fitossanitário utilizado pelo produtor, e o uso do produto a base de silício, na dosagem de 750 g/ha, em quatro aplicações, sendo: 1ª VC (Charuto) +/- 7 DAP; 2ª (intervalo de 14 dias), 3ª em V8 e a 4ª em VT.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 10 repetições, composta por parcelas de duas linhas de cultivo, por 50 metros de comprimento.

Na área experimental não foram utilizados inseticidas e fungicidas, para assim avaliar melhor os resultados dos dados, na área ao lado foram utilizados inseticidas com princípio ativo piretróide e fungicidas a base de carboxamidas.

As variáveis avaliadas foram, incidência de pragas e severidade de doenças realizadas a partir da primeira aplicação com intervalos de 20 dias, iniciando-se aos 70 dias (R1) até o final do ciclo da cultura (110 dias – R6).

Para a realização das avaliações, foram escolhidas dez plantas de forma aleatória de cada parcela, retirando três folhas de cada planta, cortando sua base e ponta, deixando com cerca de 20 cm de comprimento (figura 1).

Figura 1: Folhas de milho retiradas para a avaliação aos 70, 90, 110 dias



Fonte: autoria própria (2022)

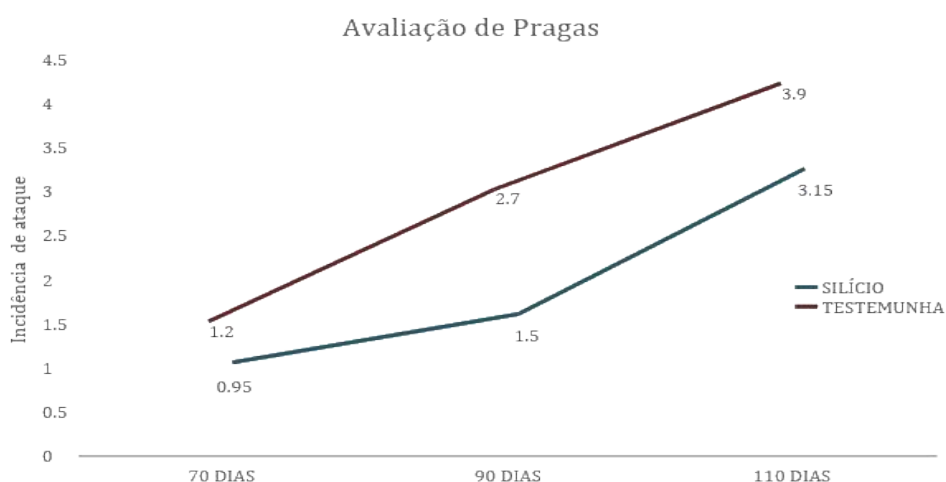
Os dados foram tabulados, e com apoio do software RBio foi realizada a análise de variância e quando significativos realizado o teste de comparação de médias (Tukey 5% de probabilidade de erro).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao ataque de pragas, os resultados demonstraram não haver diferença estatística significativa ($P < 0,05$), entre os dois tratamentos avaliados, com e sem adição de calcita e silício. A média de incidência do ataque de pragas em ambos os tratamentos avaliados foi de 1,07 para a avaliação aos 70 dias, 2,1 aos 90 dias e 3,2 aos 110 dias. Demonstrando maior ataque de pragas com o passar do tempo.

Na figura 2 é possível observar a incidência de ataque das pragas avaliadas no presente trabalho, nota-se que apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos, o tratamento com calcita e silício apresentou menor severidade de ataque. Também é notória a diferença com o passar dos dias de avaliação, ocorrendo maior ataque no final do ciclo da cultura.

Figura 2 - Incidência de ataque de pragas, no decorrer das avaliações do experimento, em plantas de milho safra, com e sem adição de calcita e silício, Saudade do Iguçu, 2022.



Fonte: Autoria própria (2022)

Esse resultado, possivelmente esteja relacionado com a indução de reações de defesa na planta, pois com a deposição desses minerais na parede da célula vegetal, pode ocorrer a proteção contra agentes bióticos, protegendo assim, contra o ataque de insetos, pragas e doenças (BREJÃO *et al.*, 2019). A defesa proporcionada pelo mineral nas células está relacionada às alterações na anatomia

da planta, aumentando a espessura da parede celular e presença de tricomas que atuam na defesa contra o ataque de insetos (CAMARGO *et al.*, 2011).

A adubação com silício é utilizada como estratégia de manejo contra insetos, visto que, melhora o seu metabolismo tornando o desenvolvimento vegetativo mais eficiente, podendo compensar as perdas ocorridas pelo ataque de pragas, além de ativar genes envolvidos nos mecanismos de defesa vegetal contra insetos-praga (BREJÃO *et al.*, 2019). Esse mineral ativa mecanismos de defesa relacionados à fatores bioquímicos, moleculares e físicos, capazes de reduzir ou mesmo liquidar os efeitos causados por fatores bióticos como pragas herbívoras e doenças causadas por fungos, bactérias, viroses; e abióticos, como excesso de macronutrientes (NPK), oscilações climáticas incluindo estresse hídrico, salinidade, dentre outros (BOER, 2017).

Camargo *et al.* (2011), em seu estudo sobre a interação entre silício e insetos-praga, os autores observaram que a proteção causada pelo mineral está diretamente relacionada ao ataque de insetos sugadores, dificultando a penetração dos estiletes desses insetos nos tecidos da planta. A deposição desse mineral nos tecidos vegetais dificulta o acesso, reduz a palatabilidade e a digestibilidade para herbívora, tornando os tecidos mais rígidos e abrasivos (BOER, 2017).

Moraes *et al.* (2005), em seus estudos sobre a alimentação não preferencial do pulgão-da-folha do milho *Rhopalosiphum maidis*, mostraram que, o número de afídeos *R. maidis* nos dois tratamentos testados, um com folhas tratadas com duas aplicações de Si via foliar e outro com uma aplicação de Si via solo e uma aplicação adicional via foliar, foram significativamente menores quando comparados com o número de afídeos com apenas uma aplicação via solo ou apenas uma aplicação via foliar.

Goussain (2001), estudando o efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* e do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis*, afirma que o uso de silício via solo aumentou a mortalidade de lagartas em 2º e 6º instares. O mesmo autor também verificou uma diminuição no número de *R. maidis* em folhas de milho, após aplicação do mineral via solo mais uma aplicação via foliar ou de duas aplicações foliares. A nutrição com adição de Si favoreceu o aumento da resistência mecânica vegetal, o que dificultou a alimentação dos insetos. Assim, o autor concluiu que a

aplicação de silício em plantas de milho afeta a biologia da *S. frugiperda* e do *R. maidis*, nas condições testadas pelo autor (GOUSSAIN, 2001).

Resultados semelhantes foram encontrados por Antunes *et al.* (2010), os autores observaram o desenvolvimento de *S. frugiperda* em milho e girassol tratados com silício, e indicam que a aplicação do mineral afetou o desenvolvimento da lagarta, causando aumento da mortalidade larval, diminuição no peso das pupas e redução do número de ovos por fêmea.

Com relação a avaliação da severidade de doenças na cultura do milho , pode-se observar na tabela 1 e figura 2, que o tratamento à base de silício promoveu a diminuição na severidade das doenças que atacam a cultura do milho, para os três intervalos de dias avaliados. Entretanto, apenas aos 70 dias de avaliação essa diferença estatística foi significativa ($P < 0,05$). Esses resultados podem estar associados ao acúmulo de lignina nas células vegetais, resultando em células mais rígidas, conferindo maior resistência ao ataque de insetos e à entrada de fitopatógenos; ou ao aumento da ação de compostos fenólicos e peroxidases, agentes relacionados à resposta da planta frente a condições estressantes, como pragas, doenças, déficit hídrico (BREJÃO *et al.*, 2019).

Tabela 1 – Avaliação da severidade de doenças na cultura do milho. Saudade do Iguaçu, 2022.

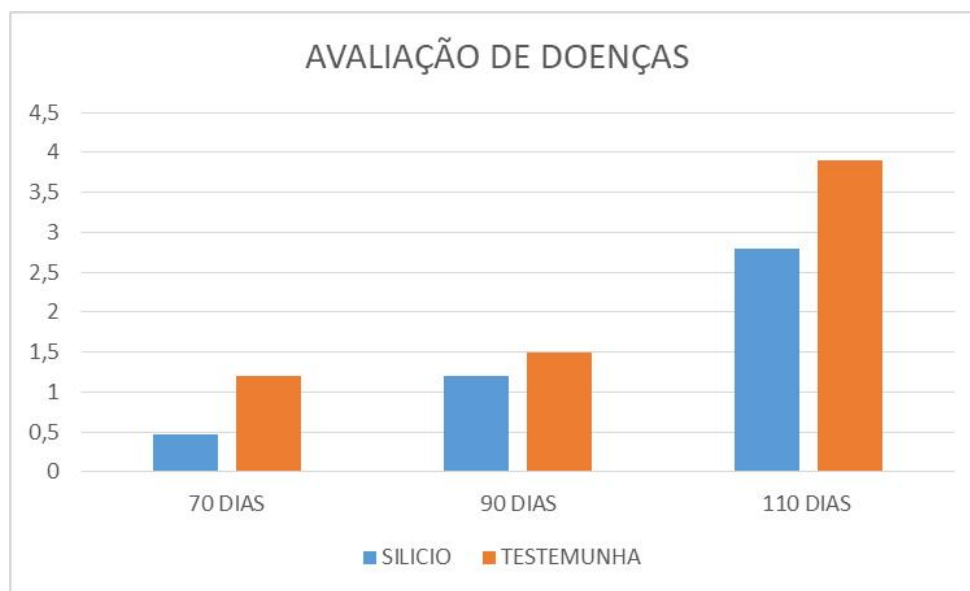
Tratamento	Avaliação em dias		
	70	90	110
Testemunha	1,2a	1,5a	3,9a
Calcita e Silício	0,47b	1,2a	2,8a

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott ($p=0,05$)

Fonte: Autoria própria (2022)

Guazina *et al.*, 2019. estudaram a aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja, e determinaram através dos dados de severidade a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), sendo o silício capaz de reduzir o desenvolvimento de ferrugem asiática, independentemente do número de aplicações, com maior eficiência em quatro aplicações do mineral.

Figura 3 - Severidade de doenças, no decorrer das avaliações do experimento, em plantas de milho safra, com e sem adição de calcita e silício, Saudade do Iguaçu, 2022.



Fonte: Autor (2022)

Borges (2018), analisando brassinosteroides e silício nas culturas do milho e sorgo, observou que a aplicação de silício proporcionou redução nos danos causados pelas pragas (*Spodoptera frugiperda*) e severidade de doenças, colaborando para o aumento da massa fresca das plantas e consequentemente maiores produtividades da cultura.

Boer (2017), em seu trabalho sobre a resistência constitutiva e induzida por silício em híbridos de milho e Souza *et al.* (2014), estudando compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho sob diferentes níveis de silício e deficiência hídrica, ambos autores salientam que a proteção física causada pela adição de silício na adubação, causa acúmulo do material nas células vegetais se tornando um dos mecanismos de defesa da planta a estresses bióticos, como ataque de pragas e incidência de doenças, como penetração das hifas dos fungos.

Dentre as principais doenças que acometem a cultura do milho, a Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*), é uma das doenças em que a adubação silicatada auxilia no processo de resistência, visto que, estimula a produção de fitoalexinas, substâncias tóxicas aos microorganismos, bem como, o acúmulo desse mineral na parede celular das células das folhas atua como uma barreira física de proteção (KOMATSU, 2009). Além da proteção causada pela barreira física que

dificulta o processo de infecção causada por fungos, o silício funciona como ilícito, ligado a processos que facilitam a ativação do sistema de defesa das plantas, relacionado aos sinais químicos entre a planta e o fitopatógeno, aumentando a síntese de compostos fenólicos de defesa (BOER, 2017)

Nesse sentido, o silício é capaz de ativar rotas metabólicas que aumentam a produção de compostos orgânicos que atuam na proteção induzida nas plantas, assim, juntamente alterações bioquímicas e proteção através de barreiras físicas, fazem com que esse mineral seja capaz de aumentar a defesa da planta contra estresses bióticos, como ataque de pragas e incidência de doenças (CASSEL *et al.*, 2021).

6 CONCLUSÃO

A aplicação de produto a base de calcita e silício, foi capaz de reduzir significativamente a severidade de doenças na cultura do milho, sendo tal diferença observada aos 70 dias após a emergência.

O uso do produto a base de calcita e silício não interferiu na incidência de pragas na cultura do milho nas condições avaliadas.

REFERÊNCIAS

- AGRO BAYER. **Larva Alfinete no Milho.** Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/essenciais-do-campo/alvos-e-culturas/pragas/larva-alfinete-no-milho>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- ANTUNES, C. S. *et al.* **Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e girassol tratados com silício.** XIX Congresso de Pós- Graduação da Universidade Federal de Lavras – 2010 – Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/resumos/261.pdf>. Acesso: em 12 mai. 2022.
- BARROS, R. Pragas do milho. **Tecnologia de produção: soja e milho**, v. 2012, p. 275-296, 2011.
- BOER, C. A. **Resistência constitutiva e induzida por silício em híbridos de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fitch., 1856) (Hemiptera: Aphididae).** 2017. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2017.132>.
- BORGES, L. P. **Brassinosteroide e silício nas culturas do milho e sorgo.** Rio Verde, 2018. 108 p. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2019-07-31-11-13-2505-Tese-Larissa.pdf. Acesso: 12 mai. 2022.
- BRAGA, G. **O Silício e sua importância para as plantas.** Na sala com Gismonti, Assuntos sobre a agronomia. São Paulo, SP. 2010.
- BREJÃO, A. S. *et al.* **USO DO RESÍDUO DE SILÍCIO DA PRODUÇÃO DE SEMICONDUTORES NAS CULTURAS AGRÍCOLAS.** Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 7, n. 11, p. 162-177, 2019.
- CAMARGO, J. M. M. *et al.* **Interação silício e insetos-praga: Defesa mecânica ou química.** Revista de Agricultura (Piracicaba), v. 85, p. 10-12, 2011.
- CASSEL, J. L. *et al.* **Benefícios da aplicação de silício em plantas.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 4, n. 4, p. 6601-6615, 2021.
- CHIARADIA, L. A.; NESI, C. N.; RIBEIRO, L. P. R. P. **Nível de dano econômico do percevejo barriga-verde, *Dichelops furcatus* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae), em milho.** Agropecuária Catarinense, v. 29, n. 1, p. 63-67, 2016.
- COLOMBO, G. A. *et al.* **Análise dialéctica para resistência a ferrugem polissora em milho em diferentes níveis de adubação fosfatada.** Bragantia, v. 73, n. 1, p. 65-71, 2014.
- CONAB. **Boletim da safra de grãos.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 mar. 2021.

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; COSTA, R. V. **Helmintosporiose causada por *Exserohilum turcicum* na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2013.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 1995.

CRUZ, I. **Avanços e desafios no controle biológico com predadores e parasitoides na cultura do milho**. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. Anais... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2015., 2015.

ROSA, A. P. S. A. *et al.* **Danos causados pela larva-alfinete em milho em condições de campo**. Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017.

BRITO, A. H. *et al.* **Reação de híbridos de milho e comparação de métodos para avaliação da Cercosporiose e Mancha Branca**. Tropical Plant Pathology, v. 36, p. 35-41, 2011.

DUDIENAS, C. *et al.* **Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade**. Summa Phytopathologica, v. 39, n. 1, p. 16-23, 2013.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS. Circular técnica, 26, 80 p. 2000.

FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R. **Antracnose do milho (*Colletotrichum graminicola*)**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001.

FILHO WORDELL, J. A. *et al.* **Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo**. Boletim Técnico, p. 84-84, 2016.

GUAZINA, R. A. *et al.* **Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja**. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 18, n. 2, p. 187-193, 2019.

GOUSSAIN, M. M. **Efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae)**. 2001. 64 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

HOYAS, C. *et al.* **Análisis de fitolitos en ópalo y pseudomorfos de oxalato de calcio en calcita como indicadores arqueobotánicos**. Cuaternario y Geomorfología, v. 4, n. 1-4, p. 147-154, 1990.

KOMATSU, R. A. **Efeito do nitrogênio e silício na produtividade e severidade da mancha de cercospora na cultura do milho**. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Maringá - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas. Maringá, 89 p. 2009.

KORNDORFER, G. H.; **Eficiência do silício como corretivo de solo**. Revista Campo e Negócios, Uberlândia, ano 4, n° 42, p 84-85, 2006.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. **Silicon as a beneficial element for crop plants**. Silicon in Agriculture (eds L.E. Datnoff, G.H. Snyder & G.H. Korndorfer), pp. 17–39. Elsevier, London, UK. 2001.

MORAES, J. C. *et al.* **Não preferência alimentar do pulgão-da-folha do milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) a plantas de milho (*Zea mays* L.) tratadas com silício**. Ciência e Agrotecnologia, v. 29, n. 4, pág. 761-766, 2005.

DE MORAES GALARZA, Rodrigo *et al.* **UTILIZAÇÃO DOS REMINERALIZADORES NA AGRICULTURA**. 1ª Edição, Volume, p. 40.

OLIVEIRA, E. *et al.* **Enfezamentos, viroses e insetos vetores em milho: identificação e controle**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2003.

OLIVEIRA, Alexandra Fernandes; SAWAKUCHI, André Oliveira; BELLO, Rosa Maria da Silveira. **A formação Irati na borda leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo: considerações sobre a geração e migração de hidrocarbonetos baseadas em análises de inclusões fluidas em veios de calcita e quartzo**. Anais, 2012.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006, 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 75).

PANIZZI, A. R. *et al.* **Manejo integrado dos percevejos barriga-verde, *Dichelops* spp. em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015.

PINTO, M. R. **Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e o complexo dos enfezamentos: características de transmissão, disseminação e controle**. 2021.

PINTO, N. F. J. A.; ANGELIS, B.; HABE, M. H. **Avaliação da eficiência de fungicidas no controle da cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*) na cultura do milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 3, n. 01, 2004.

SILVEIRA, F. T. *et al.* **Inheritance of the resistance to corn stunt**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1717-1723, dez. 2008.

SOUZA, L. C. *et al.* **Compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho sob diferentes níveis de habilidades e deficiências hídricas**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.2, p. 117-128, 2014.

TROJAN, D. G; PRIA, M. D. **Validação de escala diagramática para quantificação da severidade da antracnose da folha do milho**. Summa Phytopathologica, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2018.

WANGEN, D. R. B.; PEREIRA, P. H. S. J.; SANTANA, W. S. **Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) na cultura do milho com inseticidas de diferentes grupos químicos.** Goiânia: Enciclopédia Biosfera, 2015.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P.A.; CRUZ, L.; SANTOS, J.P. **Aspectos da biologia da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae).** Anais... da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 28, n. 3, p. 413-420, 1999.

WHITE, D. G. **Compendium of corn diseases.** 3th ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2000. 78 p.

ZURITA, Y. A.; ANJOS, N.; WAQUIL, J. M. **Aspectos biológicos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em Híbridos de Milho (*Zea mays* L.).** Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 29, n.2, p. 347-352, 2000.