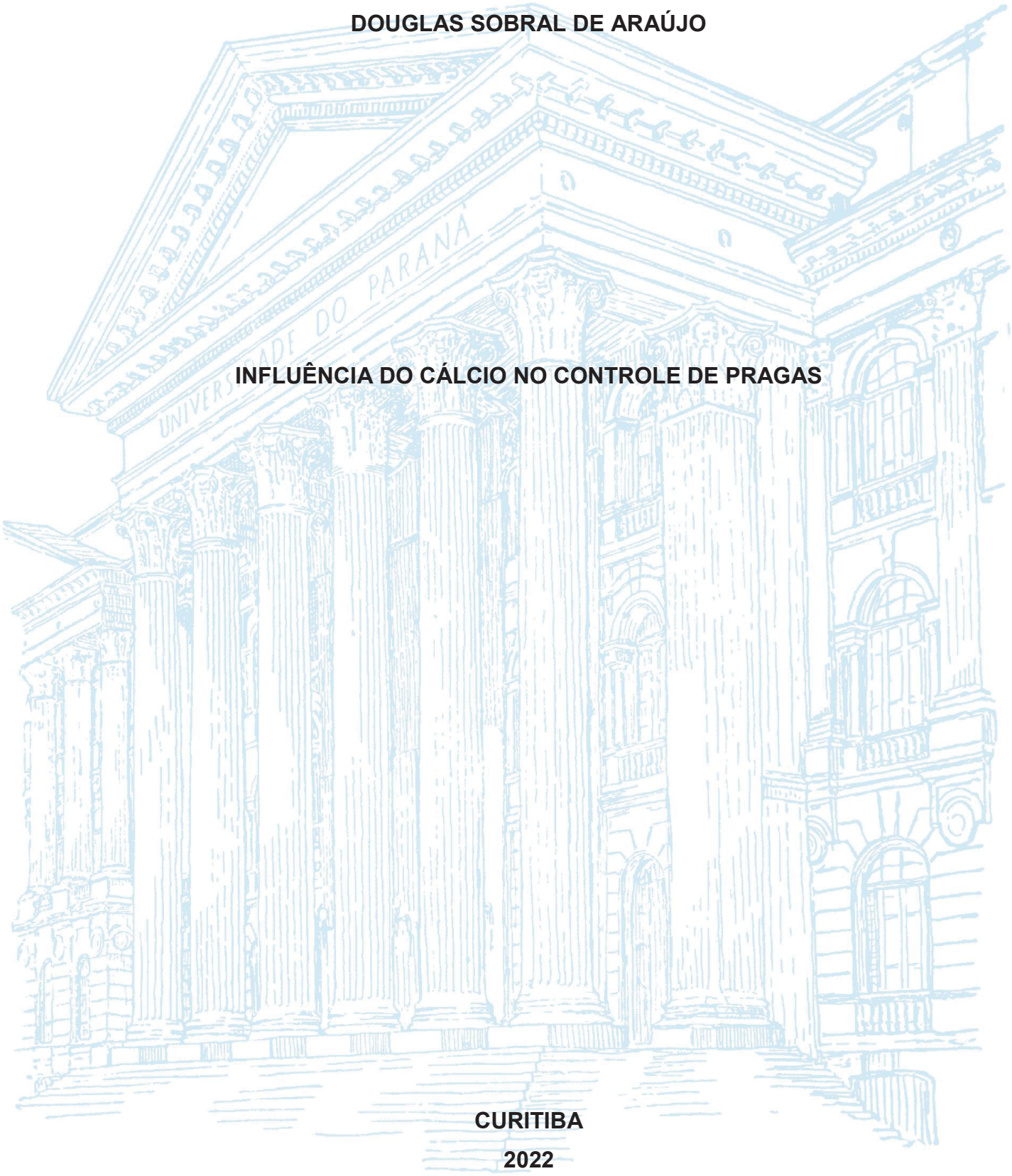
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DOUGLAS SOBRAL DE ARAÚJO



INFLUÊNCIA DO CÁLCIO NO CONTROLE DE PRAGAS

CURITIBA

2022

DOUGLAS SOBRAL DE ARAÚJO

INFLUÊNCIA DO CÁLCIO NO CONTROLE DE PRAGAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Msc. Ariosto Céleo de Araújo

CURITIBA

2022

RESUMO

Diversos estudos demostram a influência da adubação e fertilidade no desenvolvimento dos vegetais, enfatizando as funções dos nutrientes no metabolismo e a importância de suprir as necessidades minerais das culturas. O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a importância do cálcio no controle de pragas. Através de uma revisão bibliográfica utilizando como base artigos, teses e livros foram destacados aspectos fisiológicos e morfológicos sobre os benefícios do cálcio no controle de pragas agrícolas abordando temas abrangentes a nutrição de plantas. O cálcio como macronutriente essencial, constituinte estrutural da parede celular vegetal, garante maior rigidez aos tecidos formando uma espécie de barreira ao ataque de patógenos e pragas. O elemento participa de diversas funções fisiológicas e, quando em quantidades satisfatórias no solo, é capaz de proporcionar a redução do pH através da calagem contribuindo com a nutrição mineral de plantas. Muitas pesquisas do ponto de vista fisiológico e químico ainda precisam ser realizadas para que demais funções do cálcio sejam conhecidas e esclarecidas.

Palavras-chave: Sanidade vegetal. Macronutriente. Defesa vegetal.

ABSTRACT

Several studies demonstrate the influence of fertilization and fertility on plant development, emphasizing the functions of nutrients in metabolism and the importance of meeting the mineral needs of crops. The present work aimed to demonstrate the importance of calcium in pest control. Through a bibliographic review based on articles, theses and books, physiological and morphological aspects of the benefits of calcium in the control of agricultural pests were highlighted, addressing comprehensive themes of plant nutrition. Calcium as an essential macronutrient, structural constituent of the plant cell wall, guarantees greater rigidity to the tissues, forming a kind of barrier to the attack of pathogens and pests. The element participates in several physiological functions and, when in satisfactory amounts in the soil, it is able to provide a reduction in pH through liming, contributing to the mineral nutrition of plants. Much research from a physiological and chemical point of view still needs to be carried out so that other calcium functions are known and clarified.

Keywords: Plant health. Macronutrient. Vegetable defense.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Sintoma da deficiência de cálcio em algodão, citros e milho respectivamente 19
FIGURA 2: Faixa de pH ideal para disponibilidade de grande parte de nutrientes para a maioria das plantas..... 22
FIGURA 3: Sintoma da deficiência de cálcio em folhas jovens em cafeeiro..... 23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 OBJETIVOS 10
2.1 OBJETIVO GERAL 10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
3 METODOLOGIA 11
4 OS MINERAIS NAS PLANTAS 11
4.1 NUTRIENTES ESSENCIAIS PARA AS PLANTAS 12
4.2 BARREIRAS DE PROTEÇÃO ÀS PLANTAS 16
4.2.1 CÁLCIO NAS PLANTAS, FUNÇÕES E ALGUMAS DEFICIÊNCIAS 17
4.2.2 LIGNIFICAÇÃO E PROTEÍNAS QUINASES DEPENDENTES DE CÁLCIO 19
4.2.3 FILMES HIDROFÓBICOS 20
4.2.4 CÁLCIO NO SOLO 21
4.2.5 ABSORÇÃO DE CÁLCIO 22
4.2.6 APLICAÇÃO CORRETA DE CALCÁRIO ATRAVÉS DA CALAGEM 24
4.2.7 RELAÇÃO COM DISTÚRBIOS FÍSICOS E FISIOLÓGICOS 26
4.2.8 RELAÇÃO COM PRAGAS 27
4.2.9 RELAÇÃO COM DOENÇAS 28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 29
6 REFERÊNCIAS 30

1 INTRODUÇÃO

A nutrição mineral de plantas representa uns dos principais componentes de defesa e susceptibilidade contra agentes patogênicos: insetos pragas, fatores ambientais, histológicos e morfológicos. Diversos estudos demostram a influência da adubação e fertilidade no desenvolvimento dos vegetais, enfatizando as funções dos nutrientes no metabolismo e a importância de suprir as necessidades minerais das culturas. Com o desequilíbrio de um elemento essencial, mudanças estruturais e bioquímicas nas plantas poderão ocorrer, consequentemente tornando-as susceptíveis a infecções por patógenos e insetos (HUBER; HANEKLAUS, 2007; SILVEIRA; HIGASHI, 2003).

Um dado elemento em particular pode reduzir a incidência e/ou gravidade de algumas doenças, como também pode aumentar a ocorrência de outras, da mesma forma o excesso de um elemento pode inibir a absorção de outros. A associação de minerais com doenças tem sido observada em estudos com a concentração de elementos com níveis de incidência e severidade de doenças específicas, avaliando os tecidos doentes e saudáveis das plantas, excluindo possíveis interferências externas (HUBER; HANEKLAUS, 2007).

Espécies geneticamente modificadas, e/ou de maior exigência nutricional, também podem se tornar mais suscetíveis ao ataque de patógenos. Os mecanismos da interação hospedeiro, planta e nutriente, ainda não são completamente conhecidos, mas certamente com a severidade de doenças reduzida pela fertilidade proporcionará o aumento da resistência fisiológica, maior tolerância ao ataque de doenças, redução da violência de patógenos além de ajudar na resistência a doenças em função do desenvolvimento e maturidade de determinados órgãos. Como exemplo desses mecanismos de interação, a recuperação de área foliar atacada poderá ser acelerada com a disponibilidade de recursos para desenvolvimento de novos tecidos. Para isso é imprescindível a presença de elementos diretamente ligados as estruturas e processos metabólicos celulares (ZAMBOLIM et al., 2001).

O cálcio, como exemplo dos macronutrientes, provoca diferenças visíveis relacionadas ao dimorfismo anatômico e alterações bioquímicas. Já entre os micronutrientes o manganês, boro e o cobre atuam diretamente na defesa das

plantas contra patógenos, participando de funções importantes na constituição da lignina (SILVEIRA; HIGASHI, 2003).

O cálcio é absorvido pelas plantas em grandes quantidades, chegando a superar em determinadas espécies os valores absorvidos pelo fósforo (P). Graças a sua participação na parede celular o cálcio atua na rigidez da membrana. Além de proporcionar estabilidade estrutural para a planta a rigidez da parede celular atua na resistência contra a invasão de inúmeros fungos e bactérias (BLANKENAU, 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância do cálcio no controle de pragas, destacando sua influência nos aspectos fisiológicos e morfológicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I) Identificar as funções do cálcio na planta;
II) Levantar estudos sobre a associação do cálcio no controle de pragas;
III) Identificar as melhores práticas que utilizam o cálcio como estratégia de controle de pragas.

3 METODOLOGIA

De modo a cumprir os objetivos apresentados, utilizou-se pesquisa bibliográfica empregando como base teórica artigos, teses e livros. Por sua vez, a busca pelos artigos e livros foi realizada na plataforma *SciELO*, Google Acadêmico e *ResearchGate*, além de repositório de universidades e instituições de pesquisa.

Para realização desta revisão foram consultadas obras entre os anos de 1990 a 2021. A fim de sistematizar os temas para melhor compreensão, os seguintes tópicos foram abordados: os minerais nas plantas, nutrientes essenciais para as plantas, barreiras de proteção às plantas, cálcio nas plantas funções e algumas deficiências, lignificação e proteínas quinases dependentes de cálcio, filmes hidrofóbicos, cálcio no solo, absorção de cálcio, aplicação correta de calcário através da calagem, relação com distúrbios físicos e fisiológicos, relação com pragas e relação com doenças.

4 OS MINERAIS NAS PLANTAS

A predisposição das plantas a pragas e doenças pode ocorrer devido ao excesso ou carência de um ou mais nutrientes e quando aliado a demais fatores como estádio fenológico do hospedeiro, carga genética e condições climáticas desfavoráveis pode acarretar prejuízos econômicos nas culturas (ZAMBOLIN; VENTURA, 1993). Ao longo do processo evolutivo diversas plantas desenvolveram estratégias de resistência a patógenos e pragas presentes no ambiente. Destarte, os principais mecanismos de defesa estão relacionados às barreiras físicas, bioquímicas e ao equilíbrio nutricional (FANCELLI, 2008).

Diversas proteínas vegetais estão relacionadas à defesa contra patogenicidade presente em tecidos vegetais intactos ou sendo ativadas e aumentadas após atividade de elicitores ou ataque de patógenos. Condições edafoclimáticas como salinidade, seca, altas temperaturas ou após danos físicos, muitas proteínas relacionadas à defesa das plantas são desencadeadas por sinalizadores a exemplo do cálcio (CAMPOS, 2019). A degradação de polissacarídeos estruturais da parede celular de fungos ou alterações na sua arquitetura promovidas por estas proteínas pode prejudicar o desenvolvimento do

microrganismo, impedindo seu crescimento (ZAREIE et al., 2002 apud FERNANDES et al., 2009).

Grande parte dos elementos minerais requeridos pelas plantas, principalmente os macronutrientes, foram constatados como responsáveis pela redução na severidade de doenças ou aumento delas, e que a forma do nutriente aplicado também interfere nessa relação. Como constatado por Blankenau (2007), a aplicação do nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$) conseguiu reduzir a severidade de fusariose em tomateiro inibindo a esporulação e germinação de esporos de *Fusarium oxysporum,* ocorrendo sinergismo do nitrato com o cálcio na redução da pressão por doenças (BLANKENAU, 2007).

De acordo com Zambolin e Ventura (1993), a aplicação da forma nitrato (NO_3-N) é capaz de reduzir o ataque de patógenos, enquanto a forma amônio (NH_4-N) favorece o ataque destes. Testando diferentes doses de nitrogênio no controle da broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*), Martins et al., (1978 apud Bianchini et al., 2015) constataram que quanto maior a aplicação de nitrogênio no solo maior o dano causado pela *D. saccharalis* em plantas de arroz.

Devido à presença na composição química das plantas, os elementos minerais facilmente influenciam a resistência de plantas a doenças e pragas no campo. Alguns nutrientes como Ca e K promovem o enrijecimento dos tecidos ao passo que o nitrogênio, em altas concentrações, pode favorecer suculência das folhas tornando-as mais suscetíveis ao ataque de insetos com a ação da geada (TROEH; THOMPSON, 2007 apud BROETTO et al., 2017). Em uma revisão com mais de 2450 referências mostraram que quantidades adequadas de K diminuem a incidência de doenças fúngicas em até 70%, de doenças bacterianas em até 69%, danos de insetos em até 63% e de vírus em até 41% (IPI, 2013).

4.1 NUTRIENTES ESSENCIAIS PARA AS PLANTAS

Ao realizar a análise química de um solo diversos elementos são encontrados na amostragem e podem ser comuns a diversos vegetais, porém isso não significa necessariamente que um ou outro elemento seja mais ou menos essencial às plantas, pois qualquer elemento em forma disponível poderá ser absorvido pelas mesmas. Diante disso, houve a necessidade de separar esses

elementos usando com base alguns critérios estabelecidos em estudos com cultivo hidropônico (ARNON; STOUT, 1939 apud MENDES, 1997):

i) A ausência do elemento impede que a planta complete seu ciclo;
ii) A deficiência do elemento é específica, podendo ser prevenida ou corrigida somente mediante seu fornecimento;
iii) O elemento deve estar diretamente envolvido na nutrição da planta, sendo que sua ação não pode decorrer de correção eventual de condições químicas ou microbiológicas desfavoráveis do solo ou do meio de cultura, ou seja, por ação indireta.

Dezessete elementos são considerados essenciais pelas plantas podendo ser divididos entre não minerais: carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O) e minerais: fósforo (P) e potássio (K), chamados de elementos primários devido a exigência de concentrações altas. Além destes, os elementos secundários: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Os micronutrientes boro (Bo), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Existem outros elementos requeridos e até essenciais para algumas espécies de plantas, sendo considerados como elementos benéficos que têm a função de compensar efeitos tóxicos de outros elementos ou até mesmo substituir determinado nutriente em funções menos especificas, podendo contribuir para o crescimento ou resistência a condições desfavoráveis ao meio. Entre eles estão o sódio (Na), silício (Si), cobalto (Co) e selênio (Se) (IPNI(b)). Na Tabela 1, pode ser visto a composição média dos principais elementos encontrados nas plantas.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DE NUTRIENTES DE UM GRANDE NÚMERO DE PLANTAS.

Elemento	N	K	Ca	Cl	Na	Mg	S	P
%	1,52	1,47	0,77	0,73	0,37	0,30	0,26	0,22

FONTE: TROEH e TOMPSON, (2007).

Os macronutrientes são elementos que são absorvidos ou exigidos pelas plantas em grandes quantidades (N, P, K, Ca, Mg e S), observa-se nas culturas em geral a existência de uma ordem padrão de quantidade de exigência dos

macronutrientes sendo: N > K > Ca > Mg > P > S. Para os micronutrientes a ordem é a seguinte: Cl > Fe > Mn > B > Zn > Cu > Mo > Ni (PAULILO; VIANA; RANDI, 2015).

Os micronutrientes podem ser oriundos de fonte orgânica e inorgânica, fritas[1] ou quelatos[2]. Já ás fontes insolúveis em água, quando granuladas, têm sua eficiência bastante reduzida. Por outro lado os quelatos são muitos solúveis em água, porém são caros. Fritas são insolúveis em água e o ideal é que sejam finamente moídas, estas são adequadas quando se deseja uma dissolução lenta (MORTVEDT, 1981; MORTVEDT; COX, 1985 apud SOUSA; LOBATO, 2004). As principais funções dos macro e micronutrientes estão no Quadro 1.

.

QUADRO 1 - ALGUMAS DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES DOS MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES

Macronutriente		
Nutriente	**Função**	**Compostos**
N	Importante no metabolismo como composto orgânico; estrutural.	Aminoácidos e proteínas, aminas, aminoácidos, purinas e pirimidinas, alcalóices, coenzinas, vitaminas, pigmentos.
P	Armazenamento e transferência de energia; estrutural.	Ésteres de carboidratos, nucleotídeos e ácidos nucléicos, coenzinas, fosfolipídios.
K	Abertura e fechamento de estômatos, síntese e estabilidade de proteínas relações osmóticas, síntese de carboidratos.	Predomina em forma iônica, compostos desconhecidos.
Ca	Ativação enzimática, parede celular, permeabilidade.	Pectato de cálcio, filato, carbonato, Oxalato.
Mg	Ativação enzimática, estabilidade de ribossomos, fotossíntese.	Clorofila.
S	Grupo ativo de enzimas e coenzimas.	Cisteína, cistina, metíonina e taurina, glutatione, glicosídios e sulfolipídios, coenzimas.
		Continua.
		Conclusão.

[1] Fritas: frited trace elements, origem da sigla FTE, obtidas da fusão de silicatos com os micronutrientes e as formulações NPK com micronutrientes (SOUSA; LOBATO, 2004).

[2] Quelatos: conjunto de moléculas que se formam a partir da ligação de um íon metálico a um carregador orgânico através de ligações covalentes, são usados para melhorar a eficiência dos fertilizantes agrícolas (RIGRANTEC, 2021).

Micronutrientes		
Nutriente	**Função**	**Compostos**
B	Transporte de carboidratos, coordenação com fenóis.	Borato; Compostos desconhecidos.
Cl	Fotossíntese.	Cloreto; Compostos desconhecidos.
Co	Fixação de N2.	Vitamina B12.
Cu	Enzima Fotossíntese.	Polifenoloxidase; plastocianina, Azurina, estelacianina; umecianina.
Fe	Grupo ativo em enzimas e em transportadores de elétrons.	Citrocromos, ferredoxina, catalase, peroxidase, reductase de nitrato, nitrogenase; reductase de sulfito.
Mn	Fotossíntese, Metabolismo de ácidos orgânicos.	Manganina.
Mo	Fixação do N2, Redução do NO_3^-.	Reductase de nitrato; nitrogenase.
Zn	Enzimas.	Anidrase carbônica, aldolase.

FONTE: Adaptado de MALAVOLTA (1980) apud PRADO (2004).

De forma generalizada alguns elementos são altamente móveis no floema (N, P, K, Mg, Cl), outros são relativamente imóveis (B, Fe, Ca), enquanto S, Zn, Mn, Cu, Mo e Ni apresentam mobilidade intermediária. Por serem elementos de comportamento móveis, surgem sintomas mais pronunciadamente em folhas ou órgão velhos, ou folhas do baixeiro. O contrário ocorre com elementos imóveis onde os sintomas surgem nas folhas ou partes jovens das plantas afetadas (OLIVEIRA, 2015).

A forma de absorção dos nutrientes pode variar entre os elementos, oxigênio, o carbono (na forma de CO_2) e o hidrogênio são absorvidos em suas formas gasosas na parte aérea da planta, especialmente nas folhas, os demais elementos são absorvidos mais especialmente na região dos pelos radiculares (DEXTRO, 2022).

O contato do elemento com a raiz pode acontecer de três maneiras: por difusão, que envolve o deslocamento do íon a curtas distâncias devido a um gradiente de concentração direcionado ao ponto de maior para menor concentração (MARSHNER, 1995 apud OLIVEIRA, R. H; ROSOLEM, C. A. E TRIGUEIRO, R. M., 2004). O processo de contato de intercepção radicular ocorre quando os nutrientes são interceptados pelas raízes na medida em que o crescimento avança, já no fluxo de massa ocorre o deslocamento do íon em uma fase aquosa móvel no sentido do

movimento da água para a superfície da raiz. O cálcio é intensamente absorvido por fluxo de massa e uma pequena fração por interceptação radicular, além disso, para que o elemento seja absorvido precisa passar pela membrana celular por meio passivo ou ativo e a passagem do elemento através da membrana plasmática ocorre com ajuda de proteínas transportadoras; as principais são canais (transporte passivo), bombas (transporte ativo primário) e carreadores (transporte ativo secundário) (BARBER, 1984 apud PAULETTI, 2020b).

4.2 BARREIRAS DE PROTEÇÃO ÀS PLANTAS

De maneira geral os mecanismos de resistência podem ser pré-formados ou pós-formados. Os pré-formados (passivos ou constitutivos) conferem as estruturas físicas da cutícula, tricomas, estômatos, fibras/vasos condutores e bioquímicos como fenóis, alcaloides glicosídicos, lactonas insaturadas, glicosídeos fenólicos e cianogênicos, inibidores proteicos, quitinases e β-1,3 glucanases (PASCHOLATI; LEITE, 1994 apud STARGARLIN et al., 2011).

Os pós-formados (ativos ou induzíveis por agressão do patógeno ou praga) correspondem às estruturas físicas como papilas, halos, ligninas, camadas de cortiça, camadas de abscisão ou bioquímicos como fitoalexinas, proteínas relacionadas à patogênese e espécies ativas de oxigênio. Podem atuar diretamente no patógeno, inibindo seu desenvolvimento; fortalecendo a parede celular, compondo proteínas estruturais e na regulação da expressão de genes requeridos para ativação de defesas (DOOKE et al., 1996 apud STANGARLIN et al., 2011; PASCHOLATI, 2016).

As estruturas físicas conferem atraso na penetração do hospedeiro promovida por parede celular mais espessa e maior grau de lignificação e/ou silicificação, enquanto mecanismos bioquímicos favorecem a inibição do desenvolvimento do patógeno ou praga promovendo condições adversas para o crescimento no hospedeiro formando substâncias inibidoras, repelentes ou tóxicas (YAMADA, 2004).

4.2.1 CÁLCIO NAS PLANTAS, FUNÇÕES E ALGUMAS DEFICIÊNCIAS

São muitas as funções do cálcio (Ca) nas plantas, o elemento está diretamente envolvido na divisão e alongamento celular e interfere diretamente no crescimento de meristemas apicais; desenvolvimento de raiz; germinação de grão pólen e crescimento do tubo polínico; melhora a nodulação e fixação biológica de N; síntese de proteínas e transferência de carboidratos e indiretamente pode estimular a atividade microbiana, aumentar a disponibilidade de molibdênio e absorção de outros nutrientes (PAULETTI, 2012a).

A quantidade de cálcio utilizada pelas plantas é variável de uma espécie para outra. Geralmente espécies da família *Fabaceae* (leguminosas) utilizam mais cálcio que plantas da família *Poaceae*. Geralmente as leguminosas respondem bem a calagem de solos ácidos como fornecimento de cálcio (TROEH; THOMPSON, 2007).

O teor de cálcio varia de acordo com a espécie, órgão da planta, condições de crescimento, transpiração, concentração de íons da solução externa, principalmente sódio (Na^+), e a presença de íons antagônicos (K^+, NH_4^+) que reduzem a absorção de cálcio. Como nutriente dificilmente a deficiência de cálcio ocorrerá pelo fato de já ser usado como corretivo do solo através do calcário agrícola (MARENCO; LOPES, 2005).

O cálcio tem um papel crítico na divisão, desenvolvimento e estrutura celular, encontrado principalmente na parede celular apoplástica, compondo os chamados pectatos de cálcio na lamela média. A pectina é a parte estrutural da parede celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006 apud SILVA JUNIOR et al., 2014). O complexo cálcio-pectina atua como um cimento fornecendo firmeza ao tecido (Menezes et al., 1997, apud Yamamoto et al., 2011), sendo razoavelmente imóvel nos mesmos. Além disso, age complementando a função do potássio (K) na manutenção da organização celular, hidratação e permeabilidade (HUBER, 1980 apud ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

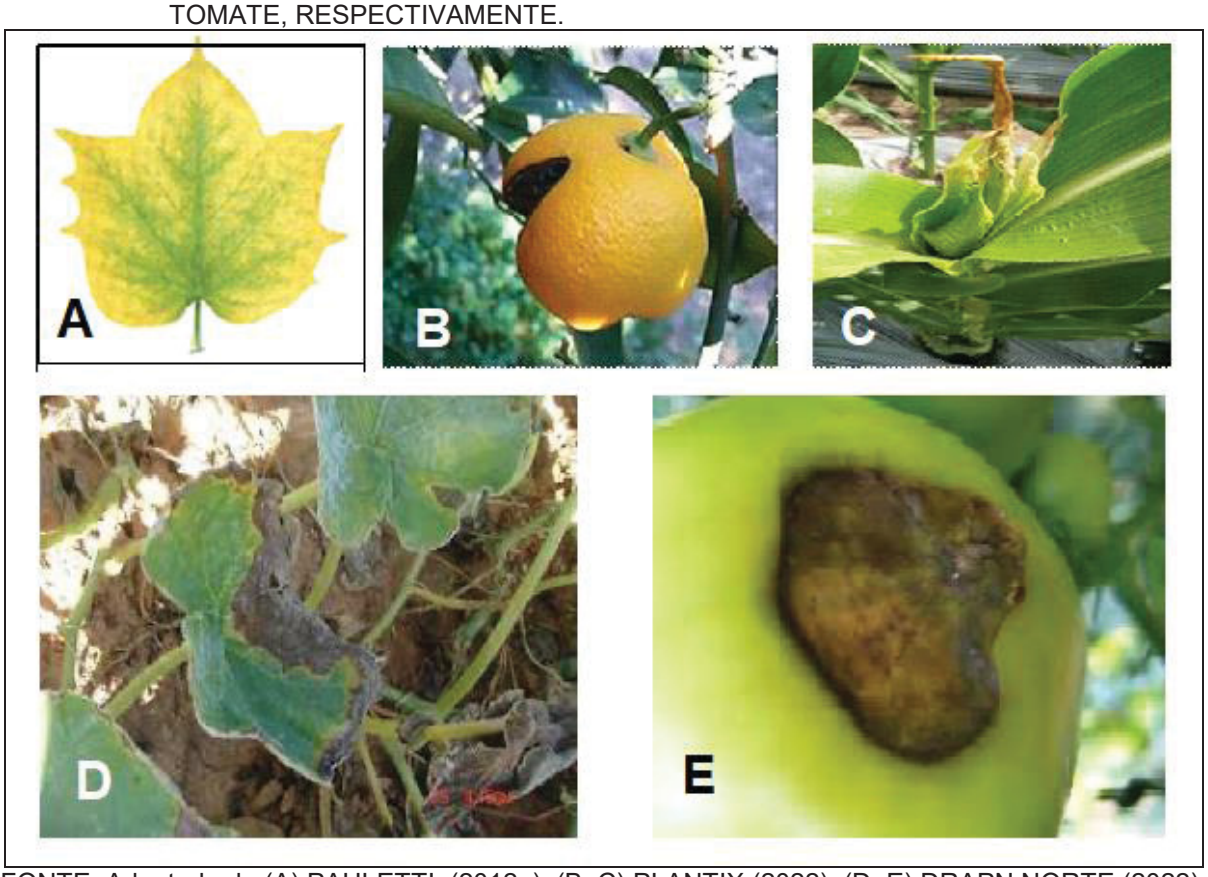
O cálcio na parede celular está ligado a grupos carboxílicos de polissacarídeos pectinados da lamela média. O ácido galacturônico é responsável pela união das cadeias pécticas adjacentes, essa ligação na lamela média é essencial no reforço da parede celular e dos tecidos das plantas em geral. Altos teores de Ca^{2+} nos poligolacturonatos da parede celular (pectatos de Ca) inibem a

atividade das poligalaturonases (PGases), e a deficiência de cálcio favorece a atividade dessa enzima, tornando os tecidos suscetíveis ao ataque de fungos e bactérias (MARENCO; LOPES, 2005; MARSCHNER, 1995 apud YHAMAMOTO et al., 2011).

Blankenau (2004), afirma que o cálcio melhora a estrutura, permeabilidade e a infiltração da água no solo, além de ajudar a planta a resistir ao estresse salino. Desse modo, é interessante preservar o equilíbrio do cálcio com demais elementos no solo principalmente com outros cátions como: N^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, NH^{4+}, Fe^{2+} e Al^{3+} que competem absorção com o cálcio. Ainda segundo Blankenau (2004), a importância da água é ainda maior, pois o cálcio é absorvido por fluxo de massa junto à água do solo, translocando principalmente para órgãos de transpiração, onde o cálcio acumula-se nas folhas e, não havendo transporte via rota floema, é pouco redistribuído para partes novas das plantas, sendo as folhas novas acometidas dos sintomas mais visíveis (BLANKENAU, 2004).

A deficiência de cálcio (Figura 1), geralmente está ligada a fatores climáticos como falta de água, ocasionando baixo desenvolvimento das raízes. O sintoma mais comum a clorose nas folhas mais novas (ocasionalmente das margens para o centro), sendo possível apresentar nas nervuras e pontos de crescimento um aspecto gelatinoso caracterizado pela falta do pectato de cálcio na formação da parede celular (PAULETTI, 2012a).

FIGURA 1 – SINTOMA DA DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO EM ALGODÃO, CITROS, MILHO, MELÃO E TOMATE, RESPECTIVAMENTE.



FONTE: Adaptada de (A) PAULETTI, (2012a); (B; C) PLANTIX (2022); (D; E) DRAPN NORTE (2022).
LEGENDA: (D) *Grillage* do melão; (E) necrose apical do tomate.

Os sintomas de deficiência envolvem a podridão apical dos frutos, chamado fungo preto. A necrose das bordas ocorre devido à dificuldade de competição pelo cálcio absorvido com as folhas, o sintoma mais comum da deficiência do cálcio é o baixo crescimento das raízes tornando-as curtas, escuras e envelhecidas (SILVEIRA et al., 2002).

4.2.2 LIGNIFICAÇÃO E PROTEÍNAS QUINASES DEPENDENTES DE CÁLCIO

O cálcio atua como um importante mensageiro secundário nas células vegetais, podendo sua concentração modificar de acordo com estímulos internos e ambientais. Durante a defesa da planta, perante o ataque de patógeno, ocorre a elevação de cálcio na célula e essas alterações são detectadas, interpretadas ou retransmitidas por proteínas sensoriais ligantes ao Ca^{2+}, como a calmodulina e proteínas quinases dependentes de cálcio (ZHANG et al., 2014).

As proteínas quinases são enzimas capazes de modificar outras proteínas através da adição de grupos fosfatos que permitem ativar e desativar uma série de respostas metabólicas celulares e de receptores regulados por sinais bioquímicos extrínsecos (SCHAAN, 2003). As proteínas quinases possuem alta afinidade com o cálcio ligando-se diretamente a ele, ao passo que outras proteínas quinases necessitam receber um sinal de transdução, como a calmodulina (CaM), que possui dois domínios globulares contendo dois sítios de ligação ao Ca2+, deste modo promovendo a interação com diversas proteínas (SILVA et al., 2009).

Mais recentemente uma nova proteína quinase envolvida na resistência de milho à seca, aumento da temperatura e a invasão de fungos foi descoberta, denominada como DRIK1 (quinase inativa responsiva à seca 1). Consiste numa proteína que, em condições normais, controla mecanismos de desenvolvimento da planta e inibe os genes de resposta ao estresse (AQUINO et al., 2020).

4.2.3 FILMES HIDROFÓBICOS

Os filmes hidrofóbicos, segundo Glenn et al. (1992), consistem numa proteção ao tecido externo dos frutos onde o epicarpo estará com uma barreira de partículas superficiais físicas e reflexivas brancas de característica hidrofóbica de um material inerte, que ao ser misturado com água e quando aplicado sobre a superfície do fruto ou planta, é capaz de suprir pragas e doenças de colheitas agrícolas, além de comprometer a movimentação do inseto sobre o filme e a alimentação.

Em relação a doenças, também podem ser evitadas com o uso de filmes que impedem o contato da água com a folha e a inoculação de patógenos. Existem fungos e demais patógenos que no seu modo de agressão necessitam da formação de campos líquidos de água e com o uso de filmes isso pode ser evitado. Outra característica importante da aplicação de filmes se dá pela redução de calor devido à reflexão da luz solar pela tonalidade branca, que reduz a absorção, além de não comprometer a produção da fotossíntese devido aos poros presente no filme. Entre os elementos minerais usados na tecnologia destacam-se o cálcio e o silício (HARTER e BARROS, 2011).

Harter e Barros (2011), avaliando a eficiência na aplicação de cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja, comprovaram que doses elevadas de cálcio influenciaram na qualidade das sementes, elevando os percentuais de

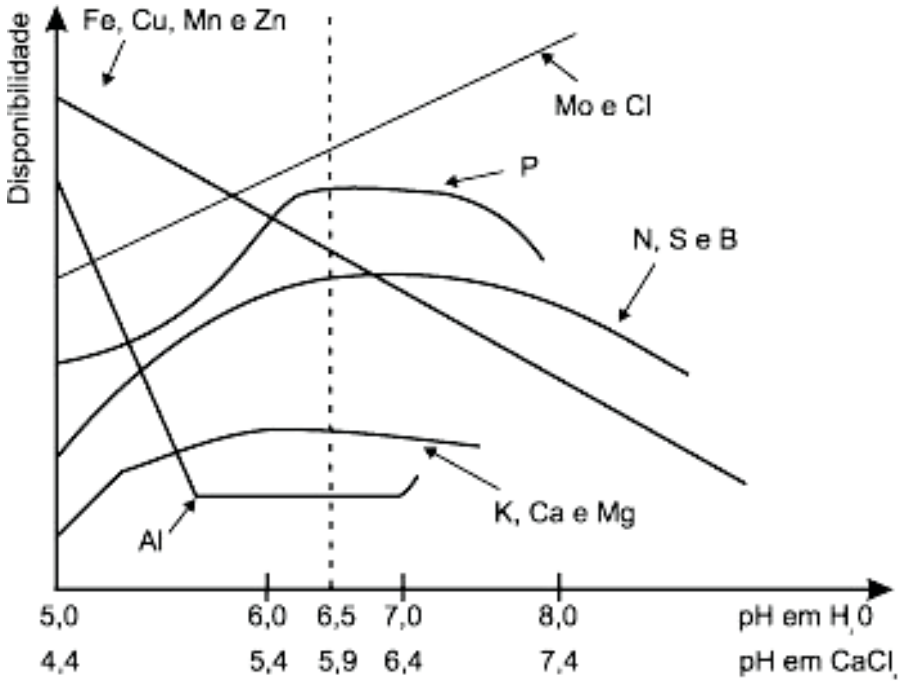
germinação e vigor e que, além disso, não foram observados ataques severos de pragas e tampouco doenças entre os tratamentos. Outro fato importante constatado pelos autores é que o uso de cálcio não foi superior a testemunha para o rendimentos de grãos e massa das sementes, podendo estar contrariando o afirmado por Glenn et al. (1992), de que os biofilmes não afetam a taxa respiratória.

4.2.4 CÁLCIO NO SOLO

No solo, o cálcio apresenta-se na forma de calcário, gesso ou silicatos sob formas trocáveis ou solúveis. A concentração de cálcio geralmente é encontrada entre 1 g kg^{-1} em solos ácidos e até mais de 250 g kg^{-1} em solos calcários em condições de aridez. Fatores como drenagem, presença de matéria orgânica e argila contribuem nas quantidades encontradas no solo, pois como um cátion trocável bivalente (Ca^{++}) pode ficar retido nas cargas negativas das argilas e matéria orgânica, logo solos mais argilosos retêm mais cálcio que solos arenosos. As fontes de cálcio no solo estão predominante em minerais primários como Dolomita, calcita, apatita e feldspatos cálcicos (PAULETTI; SERRAT, 2021).

A aplicação de calcário no solo é obrigatória em solos ácidos permitindo melhor uso dos adubos minerais. Conforme mostra a Figura 2, a combinação do uso de calcário pela calagem atua na disponibilidade de diversos outros nutrientes e na solubilidade do alumínio no solo.

FIGURA 2 - FAIXA DE PH IDEAL PARA DISPONIBILIDADE DE GRANDE PARTE DE NUTRIENTES PARA A MAIORIA DAS PLANTAS.



FONTE: MALAVOLTA, (1989).

Alguns pontos positivos da calagem consiste na diminuição da concentração de elementos tóxicos como Al, Mn e Fe além do aumento da disponibilidade do N, S, P e de outros nutrientes, corrigindo deficiências de diversos elementos através do fornecendo Ca e Mg, nutrientes que particularmente todas leguminosas necessitam e que atuam na qualidade das propriedades físicas e biológicas do solo como na aeração do solo e na fixação de N (MALAVOLTA, 1989).

4.2.5 ABSORÇÃO DE CÁLCIO

O cálcio é absorvido na forma de Ca^{2+} pelas plantas junto ao fluxo de água do solo por interceptação radicular (25%) e fluxo de massa (75%), majoritariamente pelo meristema apical das raízes, onde a entrada do elemento na célula ocorre por canais de Ca, os quais se abrem para a entrada do nutriente e, após a bomba de prótons expulsar um H^+ para o lado externo da célula, são transportados dentro da célula através de mecanismos como bomba de Ca^{+2} - ATPase na membrana plasmática e sistema antiporte Ca^{2+} - H^+, energizado pela bomba H^+ - ATPase (PAULETTI, 2012a).

O cálcio se movimenta pelo apoplasto na célula vegetal e nesse tecido a passagem do cálcio se dá pela parede celular, sendo absorvido e transportado no xilema e limitado pelo floema, se deslocando principalmente para órgãos de transpiração. Depois de transportado para as folhas, o cálcio se torna imóvel principalmente para folhas novas, frutos e sementes (PRADO, 2004; DECHEN; NACHTIGALL, 2007; BLANKENAU, 2007). O sintoma da deficiência de cálcio em folhas jovens pode ser vista na Figura 3.

FIGURA 3 – SINTOMA DA DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO EM FOLHAS JOVENS EM CAFEEIRO.

FONTE: MARTINS, (2013).

Justamente por ser um elemento relativamente imóvel nas partes jovens as deficiências e danos em folhas e nos órgãos novos das plantas são mais evidenciados. Sua absorção pode ser reduzida por altas concentrações de K^{2+} e Mg^{2+}, do mesmo modo que Ca^{2+} impede a absorção exagerada de Cu^{2+} no solo evitando que ocorra toxidez (MALAVOLTA, 1997 apud VILLAR, 2007).

A superfície da planta é permeável para soluções nutritivas, o que depende das características da mesma, podendo variar de acordo com o órgão, variedade, ambiente e formulação do produto, composta por ceras, possui mecanismos hidrofóbicos, apesar de ainda não ser totalmente conhecido acabam dificultando a absorção foliar (FERNÁNDEZ, SOTIROPOULOS; BROWN, 2015). A adubação foliar de cálcio é considerada como suplementar e diversas formulações estão disponíveis como cloreto, óxido e nitrato de cálcio (ALMEIDA, 2015).

4.2.6 APLICAÇÃO CORRETA DE CALCÁRIO ATRAVÉS DA CALAGEM

O calcário deve ser aplicado a lanço em toda a área, dando preferência ao calcário dolomítico ou magnesiano, sendo incorporado a no mínimo 20 cm de profundidade com antecedência mínima de 30 dias antes da adubação fosfatada e com período de boa umidade no solo para acelerar a reação. Deve-se atender a uma antecedência mínima de 2 meses antes do plantio, sendo distribuído preferencialmente quando disponível por distribuidores de adubos motorizados. Seu efeito residual dura no mínimo 4 anos, ocorrendo a acidificação gradativa no decorrer do tempo, ou de forma mais rápida de acordo a produção. (ANJOS et al., 2003; SOUSA; LOBATO, 2004).

Principalmente na região do cerrado o problema de acidez não é somente superficial na camada de 0 a 20 cm, ocorrendo também nas camadas mais profundas. Deste modo, a correção do solo se faz necessária para obter índices superiores de produtividade. Como visto na figura 2, o nível mais adequado para uma boa produção de grãos e que maximize a disponibilidade para absorção de uma série de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas como fósforo, enxofre e nitrogênio giram em torno do pH entre 6,5, para pH em H_2O, e 5,9 para pH em $CaCl_2$ (PREZOTTI; GUARÇONI M, 2013).

O solo é considerado ácido quando contém íons de hidrogênio (H^+) solúveis, assim, quanto maior a concentração dos íons de H^+ menor será o pH e, do contrário, maior será a acidez. Além disso, demais fatores contribuem para o processo de acidificação do solo, como o teor de alumínio. A principal forma de equilibrar o pH do solo é por meio da calagem, que concomitantemente também contribui para o fornecimento total do cálcio requerido pela maioria das plantas (SOUSA e LOBATO, 2004).

Os corretivos mais utilizados na correção da acidez são as rochas calcárias moídas classificadas de acordo com a concentração de MgO (óxido de magnésio): calcíticos (<5%), magnesianos (5 a 12%) e dolomíticos (>12%), além de calcário calcinado. O gesso agrícola é usado como condicionante para elevar teores de cálcio e reduzir a saturação por alumínio em subsolos ácidos, trata-se do sulfato de cálcio e as exigências para comercialização são teores mínimos de 13% de S e 16% de Ca (RAIJ et al., 1997).

Para a região do Cerrado, o método mais utilizado de recomendação da necessidade de calcário (N.C.) é baseado nos teores alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis levando-se em conta o teor de argila. De acordo com Sousa e Lobato (2004), em solos com capacidade de troca de cátions (CTC ou valor T) maior que 4,0 cmolc /dm3, teor de argila acima de 15% e teor de Ca + Mg menor que 2,0 cmolc /dm3, é utilizada a seguinte fórmula:

$$N.C.(t/ha) = [(2 \times Al) + 2 - (Ca + Mg)] \times *f$$

* f é um fator de correção para a quantidade de calcário.

Para solos com CTC maior que 4,0 cmolc /dm3, teor de argila maior que 15% e teor de Ca + Mg maior que 2,0 cmolc /dm3 a fórmula utilizada é:

$$N.C.\ (t/ha) = (2 \times Al) \times f$$

Outro fator a ser considerado é a granulometria do calcário a ser utilizado, pois, quanto mais fina for a espessura menor será o tempo de reatividade no solo. Seu nível é expresso em percentagem, considerando como um calcário de boa qualidade aquele que possui seu poder relativo de neutralização total (PRNT) igual ou maior que 80% (ANJOS et al., 2003).

$$f = \frac{100}{PRNT}$$

Outro método para recomendar calcário e que vem sendo muito usado na região é o que utiliza a saturação por bases do solo. A necessidade de calcário é calculada pela fórmula (SOUSA e LOBATO, 2004):

$$N.C.\ (t/ha) = \frac{V^2 - V^1}{100}\ T \times f$$

V^2 = Saturação por bases que se deseja

V^1 = S/T x 100 = Saturação por bases atual

T = (H + Al + S) cmolc /dm^3

S = (Ca + Mg + K) cmolc /dm^3

f = Fator de correção já descrito anteriormente

É importante salientar que o excesso de calagem pode acarretar na indisponibilidade de demais elementos, principalmente micronutrientes como potássio, fósforo, ferro, zinco, manganês, boro e cobre. Existe certa correlação entre os valores de saturação por bases e de pH, sendo indicado a calagem sempre que a análise indicar saturação menor que 60% (BRANDÃO FILHO; VASCONCELLOS, 1998 apud ANJOS et al., 2003).

4.2.7 RELAÇÃO COM DISTÚRBIOS FÍSICOS E FISIOLÓGICOS

De acordo com Malavolta (1998), a deficiência de cálcio provoca alterações em diversos níveis - molecular, sub-celular e nos tecidos das plantas. O fator molecular se daria pela menor resposta a estímulos de ataque a insetos e patógenos, afetando a atividade mensageira da calmodulina no citoplasma, que reduz a sua interferência sobre a atuação do fósforo no citoplasma; redução na síntese de amido, celulose e proteínas facilitando o ataque de patógenos; aumento nos teores de açúcares e aminoácidos; menor presença de pectato na lamela média e maior atividade da poligolacturonase do fungo não inibida pelo cálcio.

O nível subcelular sujeitaria a desorganização das membranas com menor absorção e maior extravasamento de sais, perda de aminoácidos e açúcares para o apoplasto; menos parede celular representando diminuição de pectato e celulose e entupimento do xilema ocasionando redução do transporte de minerais e água (MALAVOLTA, 1998).

Em razão da baixa mobilidade no floema, os níveis de cálcio na planta estão relacionados ao fluxo transpiratório via xilema, consequentemente maior teor de cálcio tende a se acumular em órgãos que respiram mais, como folhas velhas. Já em órgãos que transpiram menos, a concentração de cálcio dependerá da pressão radicular, relação que está associada frequentemente a perturbações fisiológicas, como podridão do ápice da alface, melão e de pontos de crescimento, o que acaba deixando as raízes vulneráveis a patógenos (MARENCO; LOPES, 2005).

Em pomares comerciais de citros a deficiência de cálcio provoca nos frutos a deformação no albedo (*creasing*) e rachaduras (*splitting*). Em batata o cálcio pode

provocar a perda da permeabilidade da parede celular causando podridão mole e em maçã causando à podridão amarga, diminuído a resistência do fruto e tempo de estocagem (BLANKENAU, 2004).

Em cultivos de macieiras pode ocorrer, sob baixas concentrações de cálcio nas frutas, o chamado "*bitter pit*", marcado por manchas foliares deprimidas escurecidas que penetram na polpa do fruto e que surgem principalmente durante o armazenamento ou em casos severos durante a colheita. Adubações desbalanceadas de potássio e magnésio também podem agravar o problema, pois podem induzir baixos teores de cálcio na planta. Os danos do "*bitter pit*" também podem ocorrer em tomate (Figura 1, letra E), melão e pimentão (SANHUEZA et al., 2008).

4.2.8 RELAÇÃO COM PRAGAS

Malavolta (1998) aponta existir restritos estudos específicos da relação do elemento cálcio com ataque de pragas em plantas. Alguns exemplos de pragas que indicam deficiências de cálcio no solo são a cochonilha (*Dactylopius coccus*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*), que atacam as culturas de uva, tomate, morango e feijão (MEIRELES; RUPP, 2005 apud MEIRA, LEITE e MOREIRA, 2017).

De acordo com Oliveira et al. (1990), o teor de cálcio do solo de cerrado afeta a biologia de *S. frugiperda*.Leite et al., (2004), avaliando o efeito da adubação no ataque de pragas em maxixe-do-reino constataram maior ataque de *B. tabaci* na ausência da adubação com cálcio. O mineral promove o fortalecimentos de todos os tecidos das plantas especialmente raízes e folhas o que pode ter favorecido o ataque de Hemípteros (GAZZONI, 2017).

De acordo com Aldon (2018), picadas de larva de *Spodoptera littoralis* desencadearam uma rápida resposta de cálcio nas margens das folhas dentro de uma região delimitada de 30 a 200 µm do local da picada e vários componentes elicitadores, como a volicitina, foram capazes de desencadear Ca^{2+} transientes em células de soja. A população de ninfas de percevejo castanho (*Scaptocoris carvalhoi*) foi reduzida com a aplicação na dosagem de 2,6 t/ha^{-1} de silicato de cálcio. O percevejo é responsável por danos na sucção de seiva das raízes e redução do vigor, muito presente em pastagens (SOUZA et al., 2009).

4.2.9 RELAÇÃO COM DOENÇAS

De acordo com Yamada (2004), a presença de cálcio no tecido das plantas pode afetar de duas maneiras a incidência de doenças parasitárias. Na primeira, o cálcio é essencial para a estabilidade das biomembranas: quando seu nível está baixo há aumento do fluxo de compostos de baixo peso molecular, geralmente açúcares do citoplasma, que são direcionados para o apoplasto. Na segunda, os poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para a estabilidade da parede celular.

Muitos fungos e bactérias fitopatológicas invadem o tecido vegetal através da produção extracelular de enzimas pectolíticas, como a poligalacturonase, capaz de dissolver a lamela média que pode ser drasticamente inibida pela presença de cálcio, como por exemplo: entre vários fungos que invadem o xilema. Já o fusário provoca a obstrução do xilema causando os sintomas de murcha. Outro fator, dessa vez relacionado ao uso de calagem, é a alteração do pH da solução do solo que pode afetar direta ou indiretamente a população desses organismos como também a população dos organismos antagonistas (MARSCHNER, 1986; MCGUIRE; KELMAN, 1986 apud ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

O fornecimento de dosagens ideais de nitrato de cálcio pode reduzir perdas de mudas jovens de citros por *Phytopthora*; o risco de *Botrytis* em morangueiro e roseiras; de *Erwinia* em batata e de *Cercospora* em cultivo de café (Blankenau, 2004). Também foram observadas por Pinheiro et al., (2011), menor severidade da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhzi*) em função de doses de potássio e cálcio em solução nutritiva, mesma correlação observada por Carvalho, (2016), na redução da severidade da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae pv. garcae*) do cafeeiro (*Coffea arabica*).

A antracnose, importante doença que compromete folhas, frutos, desenvolvimento inicial de plantas, produtividade e qualidade de sementes é causada por fungos do gênero *Colletotrichum* e também pode ter a severidade reduzida com a aplicação de dosagens de cálcio. Nascimento et al., (2017), em experimento com antracnose (*C. truncatum*), conseguiram reduzir a severidade com a aplicação de carbonato de cálcio em feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálcio compõe um papel importante para a produção vegetal. Macronutriente, constituinte estrutural da parede celular vegetal, responsável pela firmeza e organização celular está intimamente envolvido nas atividades moleculares como ativador enzimático. Além de regular o pH do solo, o cálcio proporciona a disponibilidade de inúmeros elementos sensíveis ao pH, características determinantes para o manejo de cultivares frente aos desafios da agricultura, como o ataque de pragas, do qual o cálcio atuará no tecido foliar beneficiando a planta no controle de inúmeros insetos pragas. O uso de concentrações adequadas, até mesmo durante a calagem, é uma importante forma de controle cultural reduzindo a severidade e fortalecendo a recuperação do ataque de pragas, representando um componente essencial para a produção agrícola.

6 REFERÊNCIAS

ALDON, D. *et al.* Calcium signalling in plant biotic interactions. **International Journal of Molecular Sciences – MDPI.** 2018, 19(3), 665. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/3/665/htm>. Acesso: 22 set. 2021.

ALMEIDA, P. H. **Efeito da aplicação foliar de cálcio crescimento e no controle da incidência de queima dos bordos em alface.** Curitiba, (tese de mestrado). 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40786>. Acesso: 22 set. 2021.

ANJOS, J. B. D. *et al*. **Preparo e conservação do solo, calagem e plantio.** Embrapa Semiárido. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196569/1/Frutas-do-Brasil-pag-35-39.pdf>. Acesso: 09 jan. 2021.

AQUINO, B. *et al.* Crystal structure of DRIK1, a stress-responsive receptor-like pseudokinase, reveals the molecular basis for the absence of ATP binding. **BMC, Plant Biology** 20, 158 (2020). Disponível em: <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-020-2328-3>. Acesso: 20 set. 2021.

BIANCHINI, R. A. *et al*. Efeitos da adubação de plantas no manejo de pragas**. Revista Fafibe On-Line**, Bebedouro, 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Funifafibe.com.br%2Frevistasonline%2Farquivos%2Frevistafafibeonline%2Fsumario%2F36%2F30102015183802.pdf&clen=251739&chunk=true. Acesso: 20 set. 2021.

BLANKENAU, K. **Cálcio nos solos e nas plantas.** International Plant Nutrition Institute - IPNI. Informações agronômicas Nº 117. Palestrado por João Eduardo S. Maçãs. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/BFF0205A79B5901983257AA100617428/$FILE/Parte-Klaus.pdf>. Acesso: 26 ago. 2021.

BOIÇA JUNIOR, *et al.* **Influência de genótipos de milho, adubação e inseticida sobre a população e danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em duas épocas de semeadura.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 5, pág. 1185-1190. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/download/2572/2058/>. Acesso: 09 jan. 2021

BROETTO, F.; GOMES. E, R.; JOCA, T. A. C. **O estresse nas plantas, teoria e prática.** Ed. Cultura Acadêmica - UNESP, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/biblioteca/pesquisa/ebooks/390142.pdf>. Acesso: 29 ago. 2021.

CAMPOS, F. G. **Cálcio e sinalização do restabelecimento vegetal após estresse mecânico.** Unesp (tese de Doutorado), 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181790/campos_fg_dr_bot_par.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Acesso: 16 Mar. 2022.

CARVALHO, N. M. **Efeito da nutrição com cálcio e potássio na severidade da mancha aureolada (*pseudomonas syringae pv. Garcae*) do cafeeiro (*coffea***

***arabica*).** Universidade Federal de Lavras. Dissertação (mestrado), Lavras, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/12249/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Efeito%20da%20nutri%C3%A7%C3%A3o%20com%20c%C3%A1lcio%20e%20pot%C3%A1ssio%20na%20severidade%20da%20mancha%20aureolada%20%28Pseudomonas%20syringae%20pv.%20garcae%29%20do%20cafeeiro%20%28Coffea%20arabica%29.pdf>. Acesso: 22 set. 2021.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas.** Embrapa uva e vinho. Publicações, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202931/1/9268-2007-p.91-132.pdf>. Acesso: 09 jan. 2022.

DEXTRO, R. B. **Absorção de água e nutrientes pelas plantas.** 2022. Disponível em: <https://www.infoescola.com/biologia/absorcao-de-agua-e-nutrientes-pelas-plantas/>. Acesso: 09 jan. 2022.

DRAPN NORTE. A cientista agrícola. **Principais problemas causados nas culturas pela deficiência em cálcio.** (Fotografia). 2022. Disponível em: <https://acientistaagricola.pt/principais-problemas-causados-nas-culturas-pela-deficiencia-em-calcio/>. Acesso: 09 jan. 2021

FANCELLI, A. L**. Influência da nutrição na ocorrência de doenças de plantas.** International Plant Nutrition Institute – INPE. Brasil. Informações agronômicas Nº 122, p. 23, junho/2008. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/0B29BFC156DC982F83257A90007D53EF/$FILE/Jornal-122.pdf>. Acesso: 26 ago. 2021.

FERNANDES, C. D. F. *et al.* A. **Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Embrapa. Documento 133. Porto velho, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/710939/1/133fitopatogenos.pdf;Mecanismos>. Acesso: 20 set. 2021.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. A**dubação Foliar Fundamentos Científicos e Técnicas de Campo.** ABISOLO, 2015. Disponível em: <https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2015_ifa_abisolo_adubacao_foliar.pdf11>. Acesso: 09 jan. 2022.

GAZZONI, D. L. **Nutrientes e suas funções na planta.** Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes, ANPII. 2017. Disponível em: <http://www.anpii.org.br/nutrientes-e-suas-funcoes-na-planta/>. Acesso: 20 set. 2021.

GLENN. D. M. *et al.* Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. **Journal of Economic Entomology.** Vol. 92, nº.4. (1999). Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80800000/MGlenn/Copy%20of%20Hydrophobic%20Particle%20films%20%20%20A%20new%20paradigm%20for%20suppression%20of%20iarthropod%20pests%20and%20plant%20disease%20s.pdf>. Acesso: 22 set. 2021.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. **Calcium and silicon on production and quality of soybean seeds.** 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/wtrWNzGWsS78LgwfBz6hX4j/?lang=pt&format=html>. Acesso: 21 set. 2021.

HUBER, D. M.; HANEKLAUS, S. **Managing nutrition to control plant disease.** 4/2007 (57): 313-322. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228652549_Managing_nutrition_to_control_plant_disease>. Acesso: 25 ago. 2021.

IPI, International Potash Institute. **Potássio, o elemento da qualidade na produção agrícola**. 2013. Disponível em: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/419-kquality_booklet_portuegese_web.pdf>. Acesso: 09 set. 2021.

IPNI(a). International Plant Nutrition Institute. **Manual internacional da fertilidade do solo.** Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato - Potafos. 2º edição, revista ampliada 1998. Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Manual-Internacional-de-Fertilidade-do-Solo.pdf>. Acesso: 25 ago. 2021.

IPNI(b). Nutri-Fatos: informação agronômica sobre nutrientes para as plantas. **Cálcio.** Edição em português Nº5, ano de publicação não informado. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-brasil.nsf/0/A2AA0F6CE94C4129832581860043F7F9/$FILE/NutriFacts-BRASIL-5.pdf>. Acesso: 09 jan. 2022.

LEITE, G. L. D. *et al.* Efeito de adubação, de dossel e do tipo de tutoramento no ataque de pragas em maxixe-do-reino. **Rev. Univ. Rural**, Sér. Ci. Vida. Seropédica, EDUR, v. 24, n. 2, p.73 – 80. 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228816951>. Acesso: 09 jan. 2022.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** Editora Agronomia Ceres. São Paulo, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação.** Editora agronomia Ceres. 5º edição. São Paulo, 1989. 292 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F.; **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa, p. 283-287, 2005.

MARTINS, A, G. **Avanços na nutrição para o café conilon.** (Fotografia). V III Simpósio de pesquisa dos cafés do brasil. 2013. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.sapc.embrapa.br%2Farquivos%2Fconsorcio%2Fspcb%2F9.pdf&clen=5386944&chunk=true>. Acesso: 09 Jan. 2022.

MEIRA, A. L.; LEITE, C. D.; MOREIRA, V. R. R. **Pragas e doenças que indicam deficiências de minerais no solo e na planta.** Fichas agroecológicas: fertilidade do solo e nutrição de plantas. Nº 36. MAPA, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/36-pragas-e-doencas-que-indicam-deficiencias-minerais-no-solo-e-planta.pdf>. Acesso: 13 ago. 2021.

MENDES, A. M. S. **Introdução a fertilidade do solo**. Aula ministrada no Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água promovido pela SFA - BA/SDC/MAPA, no auditório da UFBA, em Barreiras-BA, no período de 29/05 a 01/06/2007. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA /35800/1/OPB1291.pdf>. Acesso: 09 Jan. 2022.

NASCIMENTO, A. D. *et al*. Severidade da antracnose do feijão-fava afetada por doses de cálcio e fontes de silício. **Revista Ciência Agrícola**. Rio Largo, v. 15, n. 2, p. 61-68, 2017. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/3413/0>. Acesso: 22 Set. 2021.

OLIVEIRA, L. E. M. D. **Elementos minerais essenciais.** UFLA, 2015. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/elementos-minerais-essencias/>. Acesso: 09 jan. 2022.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO. R. M. **Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JXvgNQvJpX7WwnD443gbjRh/?lang=pt>. Acesso: 09 jan. 2022.

PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, A. M. **Fisiologia Vegetal.** Florianópolis, 2015. . Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fuab.ufsc.br%2Fbiologia%2Ffiles%2F2020%2F08%2FFisiologia-Vegetal.pdf&clen=25600503. Acesso: 09 jan. 2022.

PAULETTI (a), V. **Cálcio**. Nutrição Mineral de Plantas, UFPR, 2012. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~nutricaodeplantas/calcio121.pdf>. Acesso: 10 set. 2021.

PAULETTI (b), V. **Absorção radicular, transporte e redistribuição de nutrientes.** 2020. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xdkvhRm7UlMJ:https://docs.ufpr.br/~nutricaodeplantas/absor12.pdf+&cd=22&hl=pt-R&ct=clnk&gl=br>. Acesso: 09 jan. 2022.

PAULETTI, V.; SERRAT, B. M; **Disciplina: nutrição de plantas.** Fertilidade do solo e nutrição de plantas, (apostila). UFPR. Curitiba, p. 46-49, 2021.

PASCHOLATI, S. F. **Fisiologia e bioquímica fitopatológica.** LFT – 5830, E Disciplinas USP, 2016. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2082523/mod_resource/content/0/Teorica%2005%20-%20Mec%20Resistencia%20Estruturais%202016.pdf>. Acesso: 29 ago. 2021.

PINHEIRO, J. B. *et al.* **Effect of potassium and calcium supplied via nutrient solution on the severity of Asian soybean rust.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/Jwx8LXv6rDJTWwjpXWcTy9L/?lang=pt>. Acesso: 22 set. 2021.

PLANTIX. **Deficiência de cálcio.** (Fotografia). Disponível em: <https://plantix.net/pt/library/plant-diseases/700003/calcium-deficiency>. Acesso: 22 set. 2021.

PRADO , R. D. M. **Mamão.** Disponível em: <http://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/culturas/mamao/asp_gerais.php>. Acesso: 09 jan. 2022.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M. A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar.** Incaper, 104 p. Vitória, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>. Acesso: 23 jan. 2022.

RAIJ, B. V. *et al*. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Boletim técnico IAC, Nº 100, 2º Ed. Campinas, 1987. ISSN 0100-3100. Disponível em: < http://www.etecsaosimao.com.br/_documentos/_pdf/_apoio_ao_aluno/_livros/BOLETIM_100_IAC_Completo.pdf>. Acesso: 09 jan. 2022.

RIGRANTEC. **Fertilizantes quelatizados e seus benefícios para agricultura.** 2021. Disponível em: <https://www.rigrantec.com.br/noticia/fertilizantes-quelatizados-e-seus-beneficios-para-agricultura/114>. Acesso: 09 jan. 2022.

SANHUEZA, R. M. V. *et al*. **Manual de identificação e controle de doenças, pragas e desequilíbrios nutricionais da macieira.** Embrapa Uva e Vinho, 58 p., Bento Gonçalves, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1042932/manual-de-identificacao-e-controle-de-doencas-pragas-e-desequilibrios-nutricionais-da-macieira>. Acesso: 09 jan. 2022.

SCHAAN, B. D. Role of protein kinase C in the development of vascular complications of diabetes mellitus. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab**. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/zyyStGjCsv3QNGjrrhrJ9Hy/?lang=pt. Acesso: 22 set. 2021.

SILVA, B. V. *et al*. Kinase protein: structural features and chemical inhibitors. **Quím. Nova**. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/wL8TzqqXdhC3yCXB7W4GTNk/?lang=pt>. Acesso: 20 set. 2021.

SILVEIRA, R. L. V. D. A.; Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de eucalyptus grandis com Eucalyptus urophylla. **CERNE**, v. 8, n.2, p.107-116, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211850/1/588-1-2110-1-10-20151016.pdf>. Acesso: 09 jan. 2022.

SILVEIRA, R. L. V. D. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto.** Instituto de pesquisa e estudos florestais – IPEF, circular técnica, Nº 200, 2003. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3667/ipef-circular-tecnica-2003-dezembro-n-200.pdf?sequence=1&isallowed=y>. Acesso: 26 ago. 2021.

SOUSA, D. M. G. D.; LOBATO, E. **Cerrado, correção do solo e adubação.** Embrapa, Informação tecnológica. 2º ed. Brasília, 2004. p. 196.

SOUZA, E. A. *et al.* Efeito da aplicação de silicato de cálcio em *Brachiaria rizantha* cv. Marandu sobre a população de ninfas do percevejo castanho das raízes *Scaptocoris carvalhoi Becker*, 1967, características químicas do solo, planta e produção de matéria seca. Ciências Agrárias. **Ciênc. agrotec**. v. 33, n. 6. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/kjKRDDtbV6fCsRwrmvmpkNk/?lang=pt>. Acesso: 27 jan. 2022.

STANGARLIN, J. R. *et al.* A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia agraria paranaenis**. Volume 10, número 1, 2011, p. 18-46. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/viewFile/5268/3929>. Acesso: 26 ago. 2021.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo.** Ed. Nº 1, São Paulo, 2007. p. 405-409.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação.** Empaer - MT. ISSN 0104-0669. Cuiabá, 2007. Disponível em: <http://www.empaer.mt.gov.br/documents/8024815/9382198/Manual+de+Interpreta%C3%A7%C3%A3o+de+An%C3%A1lise+de+Plantas+e+Solos+e+Recomenda%C3%A7%C3%A3o+de+Aduba%C3%A7%C3%A3o/09cae279-bdf6-5b4a-4b05-67fe9b4522f1 >. Acesso: 09 jan. 2022.

YAMADA, T. **Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura?** Potafos. Informações agronômicas. N° 108, dezembro/2004. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/44F05CF57F94E09483257AA200597351/$FILE/Page1-7-108.pdf>. Acesso: 29 ago. 2021.

YAMAMOTO, E. L. M. *et al.* O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 49 – 55. Mossoró, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277203763_FUNCAO_DO_CALCIO_NA_DEGRADACAO_DA_PAREDE_CELULAR_VEGETAL>. Acesso: 11 ago. 2021.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. D.; COSTA, H. Nutrição contra doenças. **Revista cultivar**. Artigo extraído de apresentação no III Encontro sobre Manejo Integrado em Viçosa, 2001. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/gc29_nutricao.pdf>. Acesso: 26 ago. 2021.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral de plantas. **RAAP**, v. 1, 1993. Disponível em: <https://biblioteca.incAper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2360/1/BRT-resistenciaadoencasinduzidapelanutricaomineraldasplantas-Emcapa.pdf>. Acesso: 26 ago. 2021.

ZHANG, L.; DU, L.; POOVAIAH, B. Calcium signaling and biotic defense responses in plants. **Plant Signaling & Behavior.** v. 9. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4623097/>. Acesso: 22 set. 2021.