



**Centro Universitário
Bacharelado em Engenharia Agrônômica**

JOELINGTON LUAN DA SILVA OLIVEIRA

**EFEITO DA NUTRIÇÃO NA CULTURA DO MILHO E OS
DIAGNÓSTICOS VISUAIS DO SEU ESTADO NUTRICIONAL**

**Paripiranga
2021**

JOELINGTON LUAN DA SILVA OLIVEIRA

**EFEITO DA NUTRIÇÃO NA CULTURA DO MILHO E OS
DIAGNÓSTICOS VISUAIS DO SEU ESTADO NUTRICIONAL**

Monografia apresentada no Curso de Graduação do Centro Universitário AGES como um dos pré-requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dalmo de Moura Costa

Paripiranga
2021

JOELINGTON LUAN DA SILVA OLIVEIRA

**EFEITO DA NUTRIÇÃO NA CULTURA DO MILHO E OS
DIAGNÓSTICOS VISUAIS DO SEU ESTADO NUTRICIONAL**

Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma, à Comissão julgadora designada pelo Colegiado Engenharia Agrônoma do Centro Universitário UniAGES.

Paripiranga, 08 de dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dalmo de Moura Costa
UniAGES

Prof. Fabio Luiz Oliveira de Carvalho
UniAGES

Prof. Igor Macedo Brandão
UniAGES

	Oliveira, Joelington Luan da Silva, 1999
	Efeito da nutrição na cultura do milho e os diagnósticos visuais do seu estado nutricional / Joelington Luan da Silva Oliveira. – Paripiranga, 2021.
	70 f.: il.
	Orientador: Prof. Esp. Dalmo de Moura Costa
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – apresentado à UniAGES, Paripiranga, 2021.
	1. Nutrientes. 2. Milho. 3. Diagnose foliar. I. Título. II. UniAGES.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar, a Deus, pela proteção, sabedoria, saúde, conhecimento e oportunidade, o qual fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos e meu sonho se tornasse realidade. Dedico este trabalho as seguintes pessoas:

Ao Centro Universitário AGES pela estrutura pedagógica e administrativa que foram fundamentais para o meu desenvolvimento e também a todas outras instituições que passei durante esta jornada, em especial ao Colégio Eduardo Marques.

Aos meus pais, Joelito Oliveira e Maria Oliveira (Nice), agradecimentos não são suficientes. Tudo o que sou é reflexo de vocês e isso me deixa muito orgulhoso. Obrigado por serem meus exemplos de perseverança e resiliência. Obrigado por nunca medirem esforços para que eu realizasse os meus sonhos e objetivos e por sempre acreditarem neles. Obrigado por me educarem e por me incentivarem a ir sempre além. Eu amo vocês incondicionalmente.

À minha namorada, Natália Almeida, agradeço por ser meu ponto de paz e por estar presente em todos os momentos, me ajudando, apoiando, estimulando e acreditando em meu potencial, colaborando para a realização dos meus sonhos. Obrigado por tudo. Eu te amo! Agradeço também a toda sua família por todo carinho, compreensão e apoio durante esse período de graduação.

Aos professores do Colegiado de Engenharia Agrônômica, Lucimário Basto, Núria Mariana, Rafael Pombo e em especial ao professor Carlos Allan, pelas oportunidades, pelos conhecimentos, pelas experiências, pelos conselhos, conversas e amizade.

Aos colegas de sala e de curso, Luiz Henrique, Ana Priscila, Rosana Rosário, Gabriel Henrique, Bruno Andrade e tantos outros pela troca de experiência e conhecimentos durante a graduação, vocês foram peças fundamentais nesta jornada. É muito bom olhar para trás e perceber o quanto evoluímos e fico feliz por terminarmos essa jornada juntos. A vocês meus maiores desejos de sucesso!

Aos amigos e parceiros (as), Patrick, Ysaac, Joabe, Matheus, Giliard, Thadeu, Rodrigo, João, Brendo, Álvaro, Cainan, Wemili e Kamile pela amizade. Amigos que me distraem em momento de aflição e tornam meus dias mais divertidos.

Aos demais familiares pelo amparo, simplicidade, apoio e compreensão da minha ausência pelo tempo dedicado e torcer por mais uma conquista.

A todas instituições e colegas de trabalho que passei e estou, em especial ao Cartório, por toda oportunidade e compreensão nos dias que precisei me ausentar para ir à aula prática.

E a todos que de alguma maneira puderam contribuir direta ou indiretamente durante minha trajetória para realização desse sonho e construção do meu futuro.

Obrigado!

Nós somos o que fazemos repetidamente, a excelência não é um feito, e sim, um hábito.

Aristóteles

RESUMO

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, cultivado em todos os estados brasileiros e em quase todas as propriedades agrícolas. A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na relação entre a contribuição de nutrientes do solo e o teor foliar dos elementos, cujo aumento ou diminuição está associado a maiores ou menores rendimentos. Na prática, um diagnóstico visual com reconhecimento do aparecimento de sintomas nas folhas é uma característica relacionada a uma deficiência isolada de um determinado nutriente, em sistemas com alta produtividade. Objetivou-se, com este trabalho, compreender a utilização da análise foliar como critério de diagnóstico das exigências nutricionais no desenvolvimento da cultura do milho. A metodologia aplicada foi a de revisão integrativa de literatura. A escolha dos artigos para composição da amostra se deu por intermédio de periódicos publicado de 2011 a 2021, das bases de Google Scholar, Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Obteve-se 15 estudos, após a leitura e análise dos artigos, considerados o ano de publicação, bem como o (s) objetivo (s) e resultados/conclusão. Os componentes mais discutidos nos estudos foram: os resultados do milho a respostas de doses crescentes de macro ou micronutrientes (59,0%), seguido das sintomatologias características de cada elemento essencial abordado (41,0%). Os resultados deste estudo apresentaram uma análise e aprendizagem profunda para diagnosticar sintomas visuais de deficiências minerais, pragas e doenças no milho. Este diagnóstico visual permite avaliar um possível problema nutricional, no entanto, um diagnóstico baseado em sintomas visuais deve ser tratado com cautela e amparado por padrões visuais bem definidos para cada espécie ou mesma cultivar.

Palavras-chaves: Diagnose foliar. Milho. Macronutrientes. Micronutrientes.

ABSTRACT

Among the cereals cultivated in Brazil, corn is the most expressive and is farmed in all Brazilian states and in almost all agricultural properties. The use of leaf analysis as a diagnostic principle is based on the connection between the contribution of soil nutrients and the elements' leaf content, whose increase or decrease is associated with higher or lower harvests. In practice, a visual diagnosis with recognition of the appearance of symptoms in leaves is a characteristic associated to an isolated deficiency of a certain nutrient, in systems with high productivity. This work aims to understand the use of leaf analysis as a diagnostic standard for nutritional requirements in the development of corn crop. The methodology applied was that of integrative literature review. The choice of articles for sample composition was made through journals published from 2011 to 2021, from the databases of Google Scholar, Library of the Brazilian Agricultural Research Company (EMBRAPA) and Scientific Electronic Library Online (SciELO). We obtained 15 studies, after reading and analyzing the articles, considering the year of publication, as well as the objective(s) and results/conclusion. The most discussed components in the studies were: corn results to responses of increasing doses of macro or micronutrients (59.0%), followed by characteristic symptoms of each essential element, addressed (41.0%). This study's results presented a deep analysis and learning to identify visual symptoms of mineral deficiencies, pests and diseases in corn. Visual diagnosis allows assessing a possible nutritional problem. Nevertheless, a diagnosis based on visual symptoms should be treated with caution and based on well-defined visual patterns for each species or even grow crops.

Keywords: Foliar diagnosis. Corn. Macronutrients. Micronutrients.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. DESENVOLVIMENTO	12
2.2 Nutrição do milho.....	14
2.3 Macronutrientes.....	17
2.3.1 Nitrogênio.....	19
2.3.2 Fósforo	22
2.3.3 Potássio.....	25
2.3.4 Cálcio, Magnésio e Enxofre.....	27
2.4 Micronutrientes.....	30
2.5 Avaliação nutricional da planta e a diagnose visual.....	32
3. METODOLOGIA.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea Mays L.*) está entre as mais importantes no contexto socioeconômico do mundo e principalmente para o Brasil, que ocupou o lugar de terceiro maior produtor, segundo o levantamento da Safra de Grãos 2020/2021, da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

Estando posicionado entre os principais *commodities* do setor agrícola brasileiro e de acordo com pesquisa realizada pela CONAB (2021), o Brasil possui uma estimativa de aproximadamente 20 milhões de hectares cultivados na safra 2020/21, com uma estimativa de produção total de 86 milhões de toneladas do grão e rendimento médio de 4.371kg/ha, sendo 15,5% menor que na safra anterior, necessitando então, importar milho para atender a toda a demanda gerada.

Atualmente, a produção de milho possui um custo muito elevado por conta da sua tecnologia embarcada e necessidade de produção, sendo assim, devido as amplas variedades de produtos no mercado, é necessário proporcionar condições para que a semente expresse o seu máximo potencial genético, sendo plantada com todo o manejo adequado e direcionado para a finalidade de produção, objetivando aumentar a produtividade.

Diante disso, muitos produtores realizam adubações sem nenhum tipo de assistência técnica, mas, ao longo do tempo, muitos aspectos de produção mudaram e essa prática pode resultar no uso incorreto ou desperdício de produtos, principalmente na adubação. Nesse contexto, a adubação a ser utilizada irá variar de acordo com a fertilidade e tipo do solo, o qual vai depender do processo de formação do solo. Dessa forma, em uma mesma área, pode ser necessário diferentes níveis de adubação em determinados pontos.

Embora o seu potencial produtivo e de comercio seja alto, a cultura do milho precisa de informações técnicas para auxiliar no seu manejo de nutrientes, que resulta no alto rendimento agrícola e conseqüentemente, menor impacto ambiental devido ao uso de fertilizantes. Agricultores e profissionais buscam altos rendimentos e qualidade do milho fazendo o seu planejamento com bases nas recomendações das empresas.

Muitos dos conhecimentos publicados trazem informações sobre a colheita do milho até a escolha da semente, porém, a avaliação do estado nutricional da planta no seu período de desenvolvimento por meio do diagnostico foliar, é considerada um

grande potencial para melhorar o padrão nutricional. O controle nutricional através da análise foliar é um componente necessário para o planejamento de uma produção eficiente mediante o diagnóstico nutricional, que relatam com precisão o excesso ou deficiência de nutrientes nas plantas.

As exigências nutricionais da planta de milho são determinadas pela quantidade que é extraída durante todo o seu ciclo. Por isso, a absorção do nutriente necessário para seu desenvolvimento depende do que deve ser fornecido pelo solo e adubação. O estado vegetativo da folha, normalmente caracteriza as variações no fornecimento de nutrientes através do solo e/ou adubação. Assim, o tecido vegetal encontrado principalmente nas folhas, é bastante utilizado para sinalizar o estado nutricional das plantas, medindo diretamente a quantidade de nutrientes que elas absorvem.

Destarte, o trabalho tem-se como objetivos específicos: (I) investigar as exigências nutricionais no desenvolvimento da planta do milho; (II) avaliar a eficiência dos diagnósticos através do diagnóstico foliar; (III) descrever a existência de excesso ou deficiência dos nutrientes para a cultura e (IV) citar a relação entre o potencial produtivo e a situação nutricional na cultura do milho.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal compreender a utilização da análise foliar como critério de diagnóstico das exigências nutricionais no desenvolvimento da cultura do milho.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Origem e evolução da cultura do milho

Os primeiros históricos do cultivo do milho foram registrados no México, sendo o provável local da sua domesticação, tendo o seu nome de origem indígena que significa “sustento da vida”. O milho (*Zea mays L.*) é um dos mais antigos grãos produzidos no mundo, tendo em vista que por mais de 10.000 anos vem sendo utilizado na alimentação humana e animal pelo seu valor nutricional, com grande impacto social (BERTUZZI, 2015).

No Brasil, os índios já consumiam o cereal, então, com a chegada dos portugueses, o consumo do grão aumentou, como também as suas formas de uso, começando a fazer parte da cultura alimentar da população brasileira. Fancelli e Dourado Neto (2000) diz que a adaptabilidade da cultura do milho facilita o seu cultivo em todo o mundo. Sendo assim, Prasanna (2012), afirma que foram os colonizadores que disseminaram as sementes de milho na Europa, África e Ásia, sendo a cultura mais cultivada nos continentes.

Oliveira *et al.* (2014), cita uma composição rica em carboidratos encontrada no milho, além de vitaminas, minerais, proteínas e principalmente lipídios. Portanto, além de ser usado na forma direta para alimentação humana e animal, o milho ganhou um alto valor industrial, sendo produzidos (as) através dele: bebidas, cartões, medicamentos, adesivos, tintas, tecidos, plásticos e etc.

Produzido em larga escala devido a sua composição nutricional, em alguns países o milho fornece até 50% das calorias consumidas, chegando próximo a sua totalidade de produção voltadas para o uso do consumo humano, desde o produto in natura e como base de outros alimentos (EDMEADES *et al.*, 1996, PRASANNA, 2012; CAIRNS *et al.*, 2013). Como fonte de alimentação de animais, o milho é usado como principal componente de rações, além de ser utilizado na forma de silagem de planta inteira e de grão úmido, para uso, respectivamente de bovinos e suínos.

Devido aos seus diversos usos, a produção de milho sempre está em crescimento, mencionando-se diversos fatores que favorecem o seu desenvolvimento, tais como: grandes extensões de terras agrícolas, cultivo da cultura, investimento em tecnologias científicas específicas, variedades resistentes, manejo

de solo e etc. (ARGENTA *et al.*, 2003, MARTÍN; NETCOFF, 2003; FREITAS *et al.*, 2011).

O milho produzido pelo próprio agricultor tem sua semente preservada pelo mesmo, a qual recebe o nome de semente crioula ou natural, que segundo Meirelles e Rupp (2006), fazem parte de cultivares locais. Boef *et al.* (2013) apresentam que as sementes crioulas possuem característica para serem cultivadas por famílias, beneficiando as comunidades, a diversidade do ambiente e agricultura familiar.

Porém, as sementes melhoradas possuem características agronômicas desejáveis, como: o crescimento homogêneo, boas respostas aos fertilizantes e principalmente alta produtividade. Algumas delas são específicas para a produção de milho destinada a produção de farinha, enquanto outras são utilizadas para o consumo de milho verde, para o uso da palha no artesanato e também para a alimentação de animais (IPCC, 2014).

O uso de variedades de milho adaptadas aos diferentes tipos de solos e clima é essencial para o seu potencial produtivo, portanto, as sementes melhoradas apresentam maior estabilidade no seu desenvolvimento durante a produção (EMBRAPA, 2012). O melhoramento genético é uma das melhores fontes tecnológicas na área agrícola, encontrando-se nas sementes, as características de uma planta com alta produtividade em diferentes territórios.

Marcos Filho (2015) entendeu que, os critérios morfofisiológicos, físicos e genéticos, compreendidos em sua totalidade, qualificam o bom desenvolvimento da cultura nas diferentes condições ambientais. Peske, *et al.* (2003), em sua pesquisa, já citava que grandes avanços na ciência e tecnologia e uma semente de qualidade se caracterizava pela sua fisiologia, genética, morfologia e saúde.

De acordo com Pereira Filho e Borghi (2018), para se alcançar o potencial de produtividade com sementes híbridas, é necessário haver o manejo de água adequado, controle de pragas e doenças e um solo fértil. Vale ressaltar que as variedades melhoradas fornecem aos agricultores à disponibilidade de plantas com ciclos diferentes em seu cultivo, pois as adaptações climáticas permitem a melhoria das práticas culturais e assim atingem uma produção mais alta.

2.2 Nutrição do milho

Durante o seu ciclo produtivo, o milho extrai os constituintes nutricionais necessários para todo o seu desenvolvimento, sendo estes encontrados na natureza, fornecidos no manejo de adubação e/ou pelo solo (COELHO; FRANÇA, 1995; MALAVOLTA, 2006). No entanto, a falta de algum desses elementos durante o ciclo de desenvolvimento da planta, poderá acometer na má formação do mesmo, além de menor produtividade da cultura.

Os elementos nutricionais encontrados são chamados de macro e micronutrientes, exercendo funções específicas no desenvolvimento da planta. De acordo com Malavolta (2006), os macronutrientes conhecidos são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), retirados em grande quantidade do solo pela planta, já os micronutrientes, retirados em pequenas quantidades (g/ha), são conhecidos como: boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), níquel (Ni) manganês (Mn) e zinco (Zn).

Na cultura do milho, várias pesquisas trazem informações sobre as quantidades totais de macro e micronutrientes exigidas, além da exportação na colheita e a absorção dos elementos durante o ciclo (RAIJ *et al.*, 1996; FERREIRA *et al.*, 2001; MALAVOLTA, 2006). Em trabalhos encontrados na literatura, observa-se que a extração dos nutrientes pelas plantas, acontece na seguinte sequência: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, crescendo linearmente com o aumento da produtividade.

Coelho e França, (1995) definem a ordem de extração do nutriente pelas culturas como: $N = K > Mg > Ca = P > S > Fe > Zn = Mn > B > Cu > Mo$. No entanto foi relatado também a ordem de extração $N > K > P > Mg > Ca > S$ (BROCH; RANNO, 2009, ROSCOE; MIRANDA, 2013, GITTI, 2014). Coelho e Resende (2008) citaram $N > K > P > Ca > Mg$, e para Simão (2016), em sua pesquisa com milho safrinha a sequência de extração se dá por: $N > K > Ca > Mg > P > S$.

Com conhecimento da quantidade de nutrientes que são extraídos durante o desenvolvimento no milho, é possível quantificar o que foi extraído pela planta na época da colheita e a quantidade de nutrientes que deve ser devolvida ao solo (PINHO *et al.*, 2009). No entanto, Coelho e França (2013) citam que é de relevância o

conhecimento da absorção de nutrientes em função dos estádios fenológicos da cultura (figura 1), embora as condições do clima possam variar nos períodos vegetativos e a floração do milho (BARBANO *et al.*, 2001).



Figura 1. Escala de desenvolvimento fenológico da cultura do milho.
Fonte: Adaptado de Fancelli (1986).

Várias pesquisas trazem a importância de se conhecer os nutrientes para determinar as épocas de exigência da cultura, afim de fornecê-los no momento correto, qualificando a eficiência nutricional pela estruturação dos órgãos representativos da planta e viabilizando as formas corretas de adubação (MALAVOLTA, VITTI; OLIVEIRA, 1997, PINHO *et al.*, 2009, OKUMURA *et al.*, 2011, COELHO; FRANÇA, 2013;). É de fundamental importância ajudar a determinar quanto e quando fertilizar, bem como a quantidade mínima que precisa ser devolvida ao solo para manter seu equilíbrio nutricional.

Heckman (2007) evidencia que o manejo agrícola, as formas de produção e a cultivar, usados no cultivo influenciam diretamente na quantidade de nutrientes exportados pela planta, assim afirma que as grandes quantidades de nutrientes removidas do solo têm uma relação diretamente proporcional com culturas maiores.

No entanto, deve-se levar em consideração as variáveis, a exemplo de: o tipo de solo, a disponibilidade hídrica, clima e o manejo fitossanitário, dentre outros; para se considerar a eficiência do aproveitamento de nutrientes (FANCELLI, 2010, HIRZEL; UNDURRAGA, 2013, ROSCOE; MIRANDA,2013).

No contexto do milho, Broch e Ranno (2012) destacam que deve ser concedido pelo solo e manejo de adubação, a quantidade de nutrientes necessária à disposição da planta, tendo em vista o seu rendimento e concentração de nutrientes que são extraídos encontrados principalmente na palhada e nos grãos.

Valderrama *et al.* (2011) destaca que a fertilidade do solo e o manejo impróprio da adubação colabora para a diminuição da produtividade das lavouras. Contudo, Duarte *et al.* (2011) traz a importância do conhecimento da adubação baseada nas necessidades produtivas da cultura.

O milho possui atributos importantes, destacando-se as raízes adventícias (figura 2), que ajudam a firmar o caule e absorver os sais minerais (FORNASIERI FILHO, 2007). Conseqüentemente, uma planta saudável é considerada uma planta resistente aos problemas de doenças e pragas, assim como afirma Correa *et al.* (2008), que ainda destacam em sua pesquisa, a importância de um bom desenvolvimento das raízes, para que assim, haja obtenção de uma maior absorção de nutrientes.



Figura 2.: (A) - a parte da raiz que fica abaixo do solo, (B) - a parte da raiz que fica acima do solo
Fonte: Barros; Calado (2014)

As raízes do milho estão concentradas no solo, crescendo mais rapidamente quando semeadas diretamente, independentemente do método de fertilização. Martins *et al.* (2016), em síntese, cita os fertilizantes como alternativa na estratégia de manejo das lavouras, além do aumento da produtividade, embora as culturas dependam de fatores relacionados ao clima e as características químicas, físicas e biológicas dos solos.

2.3 Macronutrientes

O que mais influência na produção agrícola é discutido em trabalhos como o de Rozane *et al.* (2017), onde relatam o equilíbrio dos nutrientes nas culturas. Os macros e micronutrientes são classificados pela quantidade encontrada nos tecidos vegetais.

Taiz e Zeiger (2004) e Malavolta (2006), mencionam que a diferença entre macro e micronutrientes são as quantidades exigidas pelas plantas e estes são definidos como elementos essenciais para a vida das plantas. No entanto, evidenciam que a diferenças nutricionais exigidas são de acordo com as funcionalidades específicas de cada nutriente e não pela sua importância.

Os macronutrientes são divididos em primários: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e os secundários que são o Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) (EPSTEIN, 1965). Nessa perspectiva, a carência de algum desses elementos, que são expressos em g/kg^{-1} de matéria seca, podem influenciar no desenvolvimento e produção da planta (MOREIRA *et al.*, 2007).

Na cultura do milho, os macronutrientes possuem uma ação positiva na quantidade de grãos e massa dos mesmos (VALDERRAMA *et al.*, 2011), sendo que o N e o K são elementos absorvidos desde do início do desenvolvimento da cultura até o seu florescimento (figura 3), mostrando assim a importância do parcelamento da adubação, de acordo com as necessidades do milho.

Para estabelecer uma nutrição adequada para as plantas, o conhecimento na quantidade de nutrientes, relação entre nutrientes, tempo de cultivo e padrões normais de acumulação na matéria seca é de fundamental importância, pois permitirá a quantificação dos nutrientes necessários para produção, bem como o período de maior demanda, visto que cada órgão requer uma quantidade de nutriente, permitindo

assim, saber a quantidade exportada até a safra e a quantidade a ser reposta no solo, evitando então que seus nutrientes sejam esgotados (DAMASCENO *et al.*, 2012).

As variações entre temperatura, umidade do solo e outros fatores ambientais podem afetar consideravelmente a quantidade e quais nutrientes minerais podem ser encontrados nas folhas. Nesse sentido, esses mesmos fatores também influenciam na disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas raízes. Por outro lado, Goto *et al.* (2001), trazem que o estágio de desenvolvimento da planta irá interferir diretamente no acúmulo e distribuição de nutrientes.

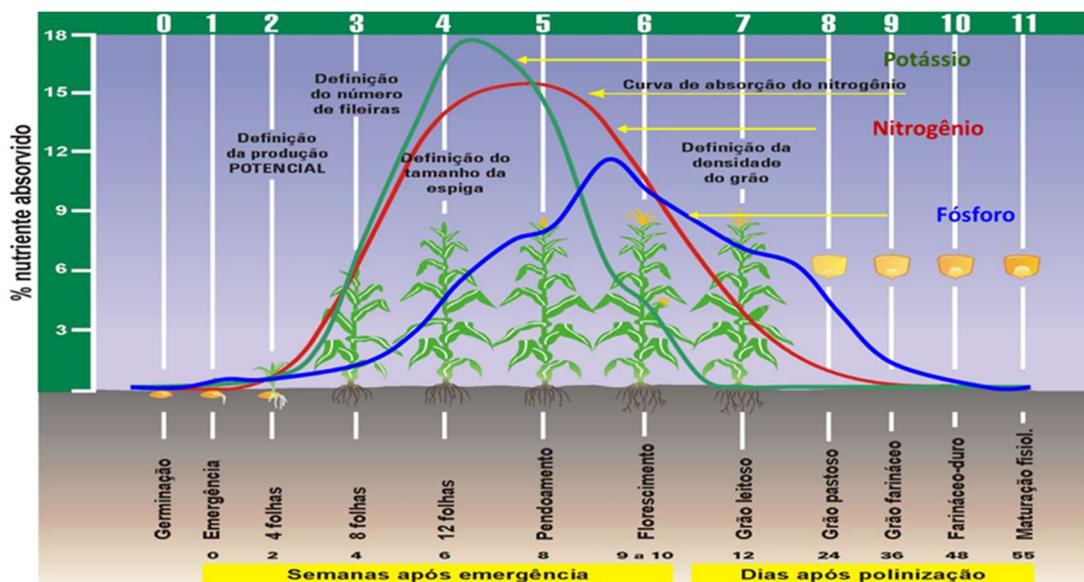


Figura 3.: Picos de absorção de nutrientes por fase fenológica do milho.
Fonte: Quinebre, (2016).

Gondim *et al.* (2016), em seus estudos, observaram que na planta de milho ocorria uma grande atividade metabólica, que por sua vez provoca nas fases iniciais de crescimento, uma intensa absorção do macronutriente nitrogênio. No entanto, Elmer e Datnoff (2014), salientam o cuidado no uso de adubações, pois o excesso de nutrientes pode provocar problemas metabólicos na planta.

A falta de nitrogênio (N) e potássio (K) afetou o número de folhas, altura, diâmetro da haste e massa seca em plantas de milho (GONDIM *et al.*, 2016). Além disso, Taiz *et al.* (2017), refere-se à quantidade de fitomassa encontradas em função do fornecimento de macronutrientes na cultura do milho no início do crescimento.

Outrossim, as plantas de milho apresentam crescimento rápido e contínuo, com acúmulo de nutrientes e matéria seca em todos os órgãos reprodutivos, pois exigem

uma grande demanda de água e nutrientes para atender todo o seu ciclo de desenvolvimento (MAGALHÃES, 2013).

Alguns estudos utilizam o método de omissão de nutrientes para assim verificar as exigências nutricionais das plantas. Dessa forma, Vieira *et al.* (2014), afirmaram que a falta ou excesso dos nutrientes diminuem a produtividade da lavoura. Nesse contexto, Duarte *et al.* (2003), salientam a importância de verificar os períodos de maior exigência de nutrientes pelas culturas, além de determinar como ocorre a extração e distribuição pela planta.

2.3.1 Nitrogênio

O fundamental elemento químico que as plantas de milho precisam é o nitrogênio (N), inclusive, vários estudos trazem que este elemento está relacionado com a redução na produtividade, além de onerar o processo produtivo (MELO, CORÁ, CARDOSO, 2011; PEREIRA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2014; ZUCARELI *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2017). Segundo Fao (2017), o milho é uma das principais culturas que mais utilizam os insumos agrícolas.

Fidelis (2016) afirma que, além de aumentar a capacidade produtiva do milho, o N é um fator limitante do crescimento das plantas. Igualmente, Quemada e Gabriel (2016) apresenta o N como elemento de vital para o desenvolvimento na produção de milho.

Miflin e Lea (1976), diante disso, declara que o N faz parte das biomoléculas mais relevantes, como: ATP, NADH, NADPH, clorofila (figura 4), proteínas e enzimas. Conseqüentemente, o N possuiu funções regulatórias nas plantas, como mostram Rodrigues *et al.* (2018), razões pelas quais é considerado um elemento essencial para o cultivo do milho.

Portanto, as atividades enzimáticas na superfície foliar do milho, em conjunto com as taxas fotossintéticas, o desenvolvimento radicular, crescimento da espiga, quantidade e qualidade das sementes, dependem diretamente de um manejo nutricional completo, principalmente o nitrogênio (BRADY, WEIL, 2013; PRIMO *et al.*, 2011).

Unidos aos compostos orgânicos, o N está a menos de 0,5% no solo (WHIETHÖLTER, 2000). Contudo, a disponibilidade desse elemento para as plantas depende de fatores como: o tipo de solo, atributos dos resíduos vegetais, a quantidade de matéria orgânica no solo, o manejo agrícola e temperatura do solo (AMADO *et al.*, 2001; KRISTENSEN *et al.*, 2003).

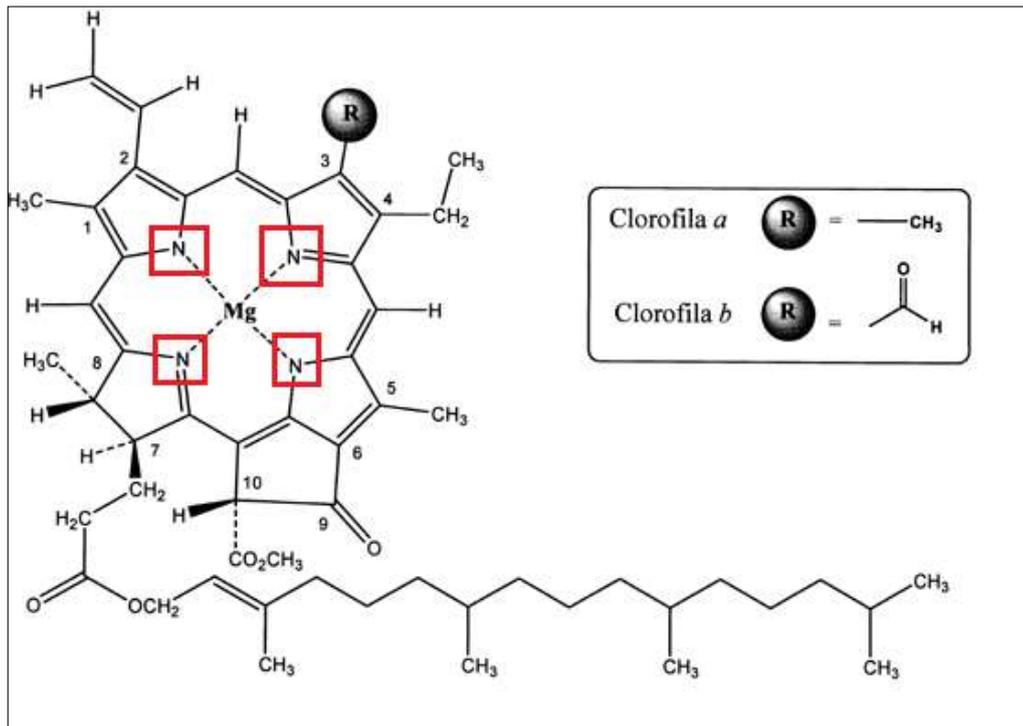


Figura 4: A estrutura química da clorofila *a* e *b*.
Fonte: (STREIT *et al.*, 2005)

Nas formas inorgânicas, encontra-se o íon nitrato (NO₃⁻) e íon amônio (NH₄⁺), que são absorvidos pelas raízes das plantas (BRADY e WEIL, 2013). Em síntese, a fração inorgânica, descrita por Malavolta (2006), é responsável por até 2% do N encontrado nos solos, porém, este valor leva em consideração, as adubações nitrogenadas realizadas na área de cultivo.

Atualmente, o desafio da agricultura é a obtenção de nitrogênio para as lavouras. Nos sistemas produtivos são encontrados como fonte de nitrogênio: a fertilização nitrogenada, a fixação biológica do N₂ atmosférico, (deposição atmosférica e a mineralização do N-orgânico do solo (VIEIRA, 2017). Mediante o exposto, pode-se dizer que o ciclo do nitrogênio é rápido e compreende uma série de reações de

oxidação-redução e ações biológicas que modificam sua forma e disponibilidade (figura 5).

Bono *et al.* (2008), relatam que as modificações e perdas de N solo deve-se a processos de mineralização e imobilização, lixiviação e volatilização, nitrificação e desnitrificação. Dessa maneira, diversos autores afirmam que devido a essas perdas, ocorre o aumento dos custos na produção com os fertilizantes nitrogenados (LARA CABEZAS, 2001; PÖTTKER, ROMAN, 1994; RICE, SMITH, 1984; ROBERTSON, GROFFMAN, 2007, TOUCHTON, HARGROVE, 1982).

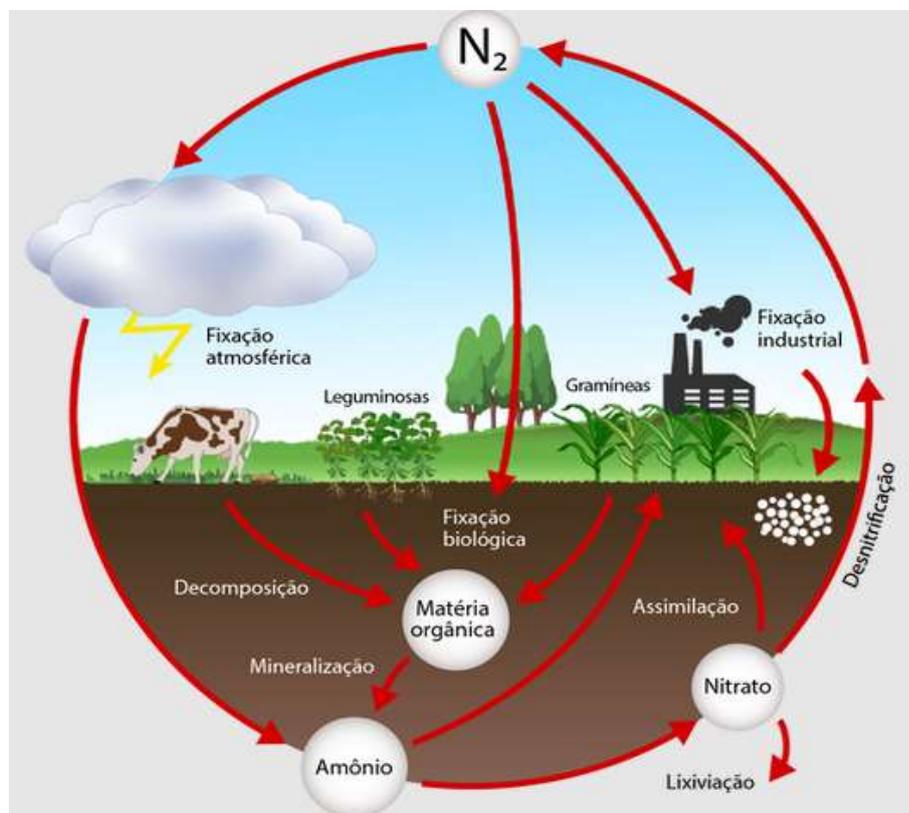


Figura 5: Ciclo simplificado do nitrogênio e as formas de fixação.
Fonte: Penna Neto (2019)

A grande demanda por fertilizantes inorgânicos à base de N, resulta no aumento do processo de produção, exigindo assim, uma gestão que considera o aspecto econômico e ambiental (DJAMAN *et al.*, 2013; JIA *et al.*, 2014). Nesse viés, dentre os manejos de adubação, o conhecimento sobre a dose e a forma de parcelamento na aplicação dos fertilizantes são fatores que otimizam o custo da produção de milho (CRUZ *et al.*, 2008; DUETE *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2010).

O milho utiliza cerca de 50% de todo N produzido mundialmente (LADHA *et al.*, 2016), sendo que no Brasil, o uso do N nas produções chega a 60 kg/ha⁻¹, enquanto nos Estados Unidos fica em torno de 150 kg ha⁻¹ e na China 130 kg ha⁻¹ (IFIA 2016).

2.3.2 Fósforo

Com o aumento da produção agrícola, tornou-se importante os cuidados nutricionais no cultivo do milho. Sendo assim, o fósforo (P) é um macronutriente limitante da produtividade do milho, pois segundo Menezes *et al.* (2018), são nas fases vegetativas e reprodutivas que o P é mais absorvido pela planta, embora na cultura do milho, as suas exigências sejam menores que a do nitrogênio.

Chan (2016), relata sobre o importante papel do P como componente energético utilizado pelas plantas, pois faz parte das estruturas químicas da adenosina difosfato (ADP) e ATP (figura 6). O P também é um componente essencial para o metabolismo vegetal, pois integra compostos como: nucleotídeos, os fosfolipídios nas membranas, lecitina e outros (BORGES, 2018).

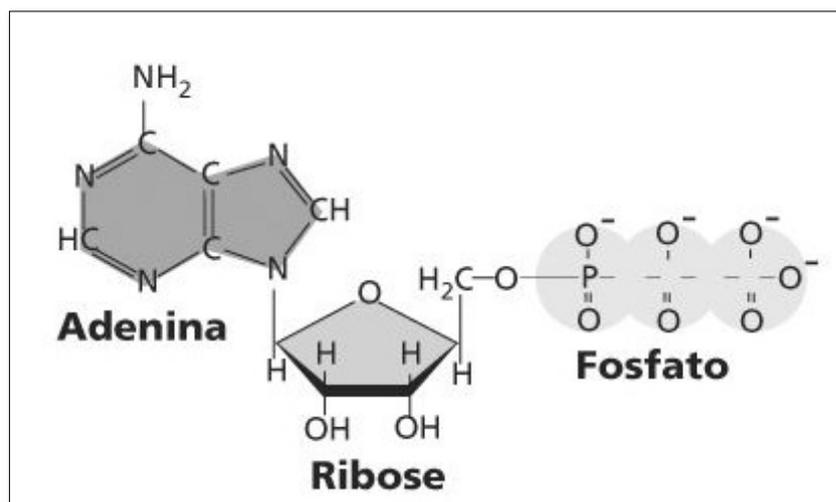


Figura 6. Estrutura da adenosina trifosfato (ATP)

Fonte: Caçador e Dansa (2011)

Assim, o P está envolvido em vários processos celulares, tais como: no crescimento das plantas, fotossíntese e divisão celular, segundo Faquin (2005), que ainda ressalta a importância desse elemento para o crescimento e desenvolvimento das sementes. No entanto, ele pode ocorrer nas formas inorgânicas (ortofosfato) e orgânicas (pirofosfato) nas plantas.

As plantas absorvem o P nas formas H_3PO_4 (di-hidrogenofosfato) e HPO_4^{2-} (hidrogenofosfato), sendo este, um elemento extremamente dependente do equilíbrio da acidez e umidade do solo. A disponibilidade natural de P em solos de regiões tropicais é baixa, devido à quantidade em que esse nutriente se encontra na forma disponível para as plantas e conseqüentemente para a sua fixação nas partículas do solo (HEUBER *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Oliveira *et al.* (2015), em sua pesquisa revelam que a baixa produção de milho no Nordeste se relaciona com a fertilidade do solo. Sobretudo, trazem que o P é o nutriente limitante, em razão da relação com constituintes do solo, como o ferro, alumínio e cálcio; baixos teores no material de origem e sua lenta difusão na solução do solo, tornam-no menos disponíveis para as raízes da planta. Ademais, Borges (2018) e Fink *et al.* (2014) explicam que a fixação de P em componentes mineralógicos, principalmente os óxidos de ferro (Fe) e de alumínio (Al) dos solos muito intemperizados, inclusive em regiões tropicais, provocam o aumento do uso de adubos fosfatados na lavoura.

Os teores de P encontrados no solo são classificados conforme a estabilidade dos processos de interações com o sistema solo, conhecidas como: P-solução, P-lábil e P-não lábil (figura 7). O P que se encontra na solução do solo, sendo conhecido como P-solução, está disponível para a absorção pelas plantas, ou seja, possui uma relação de equilíbrio com a solução, liberando o P, conforme é absorvido. No entanto, o P-lábil é definido pela fração de P que está disponível para ser absorvido pelas plantas ou imobilizado pelos microorganismos (GONÇALVES *et al.*, 1989, MAŽEIKA *et al.*, 2021, NOVAIS; SMYTH, 1999, SANTOS *et al.*, 2008).

Sá *et al.* (2004), conceituam o P-não lábil como a fração de P que está continuamente absorvido nas partículas do solo e/ou formando compostos de baixa solubilidade. A fixação de P em formas não reversíveis ou pouco reversíveis, é uma expressão usada para explicar os fenômenos envolvidos na imobilização do P no solo (NOVAIS *et al.*, 2007; SRINIVASARAO *et al.*, 2007).

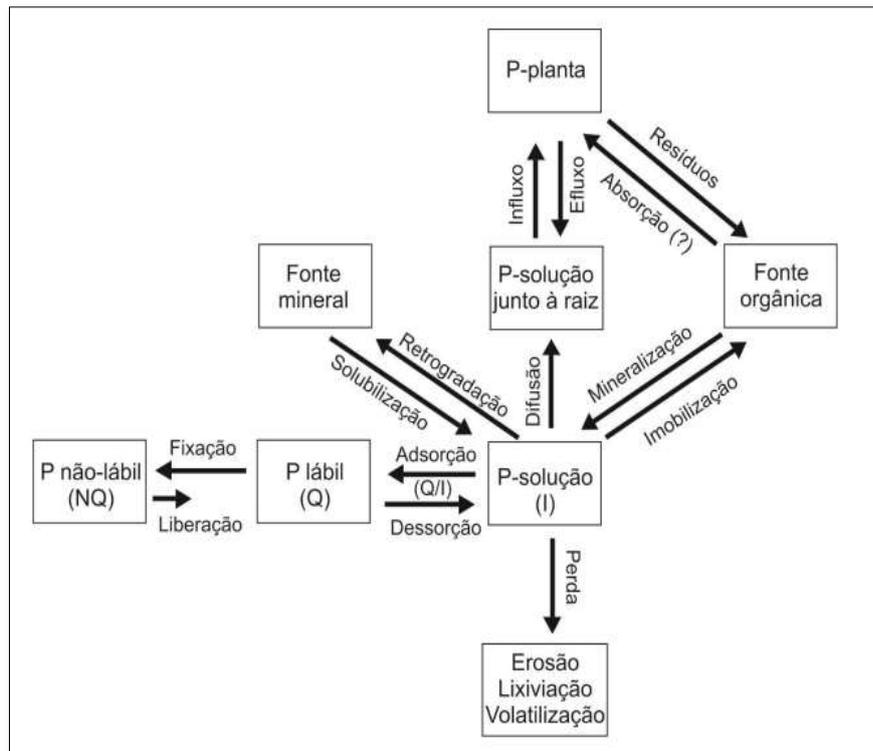


Figura 7. Formas de P no sistema solo-planta.
Fonte: Novais e Smyth (1999).

Foram observados, no trabalho de Rosolem; Assis; Santiago (1994), que a quantidade de P presente na solução do solo, o comprimento da raiz e o crescimento radícula, são fatores que afetam a absorção de P na planta de milho. Em conformidade, com o estudo de Pinto (2012) que afirma que solos intemperizados, como os Latossolos, possuem baixos teores de P disponíveis, não fornecendo em quantidade o P-lábil para o P-solução.

Nesse sentido, os solos da região de clima tropical, apresentam baixa disponibilidade do P (HEUBER *et al.*, 2017), contribuindo então, para a fertilização fosfatada no aumento dos rendimentos da lavoura de milho, sendo que diversos pesquisadores buscam resultados para aumentar o uso e eficiência desse tipo de adubo (COLOMBO *et al.*, 2018; FIDELIS *et al.*, 2014 e CHEN e LIAO, 2017; MACIEL *et al.*, 2020; MEIRELLES *et al.*, 2016).

2.3.3 Potássio

O potássio (k) é um macronutriente mais exigido pelo milho, sendo superado somente pelo N (MALAVOLTA, 1980, MARSCHNER, 2012, PARENTE *et al.*, 2016). Sendo que, Elmer e DatnofF (2014) em seu estudo afirmam que o K é o nutriente mais absorvido pelas plantas, depois do N, devido este nutriente ser fundamental no processo fotossintético.

Malavolta (2006) já discutia sobre os processos fisiológicos realizados pelas plantas, no qual o K é um elemento essencial. Em outras palavras, o K participa da ativação de várias enzimas no metabolismo vegetal, abertura e fechamento dos estômatos, respiração, transpiração, fotossíntese, formação de carboidratos, controle do turgor tecidual, entre outros (SENGIK, 2003, TAIZ *et al.*, 2017).

Em síntese, estruturas presentes na epiderme dos vegetais, como os estômatos, possuem um papel importante no metabolismo, assim, Malavolta *et al.* (1997) afirmam que a alta concentração de K no suco vacuolar, com a incidência da luz, impulsiona à abertura do ostíolo e que a baixa concentração em um ambiente escuro causa o fechamento da fenda estomática (figura 8).

Vários estudos, trazem que uma das principais funções fisiológicas da planta é o aumento da atividade enzimática para formação de proteínas e glicose, necessitando de poucas quantidades de K para estas atividades metabólicas. Contudo, o controle de água dentro da célula, ou seja, células turgidas proporcionam o vigor das folhas, otimizando os processos fotossintéticos, segundo o International Potash Institute (2013) (IPI, 2013).

Santos *et al.* (2016), observando o conteúdo celular nas folhas, citam que o K é o cátion encontrado em quantidade no citoplasma, pois as raízes absorvem em abundância da solução do solo. Leal *et al.* (2015), informam que a forma principal do K no solo é a catiônica, além de alta solubilidade dos seus sais, podendo apresentar perdas por lixiviação.

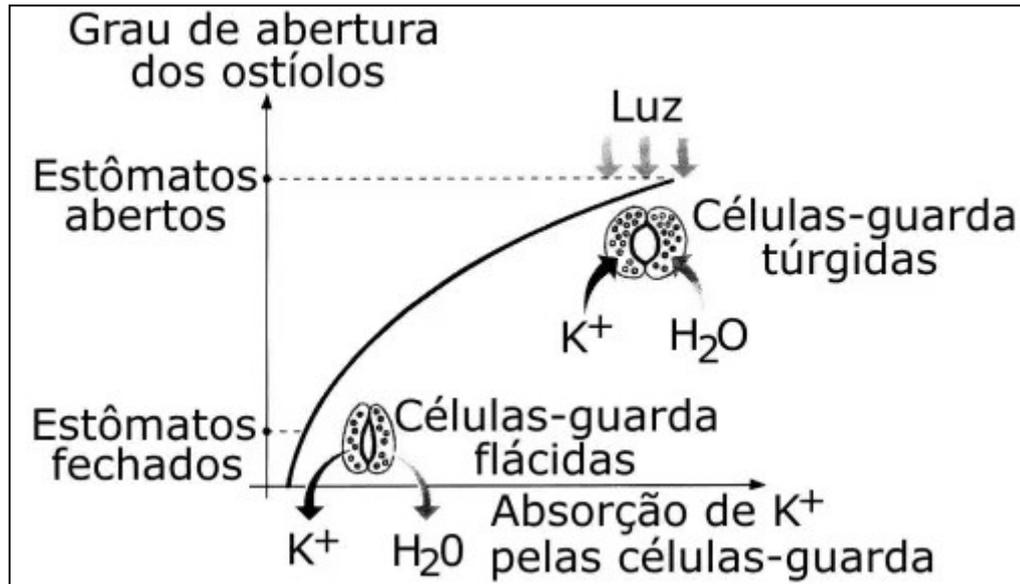


Figura 8. Influência do K na abertura e fechamento das células guarda.
Fonte: Santos (2010)

A disponibilidade do K ocorre por conta da sua dinâmica no solo, que definido pela função do nutriente e estabilidade das várias formas de K encontradas, podendo estar na forma lábil- disponível para o vegetal-, ou não-lábil- quando não está à disposição para as plantas (ALI *et al.*, 2013, SPARKS; HUANG, 1985, LIAO *et al.*, 2018, RAIJ, 1991, SORREANO *et al.*, 2012, SOUSA; LOBATO 2004).

Liao *et al.* (2018), relatam sobre as quatro formas de K encontrados no solo, descritos também no trabalho de Johnston e Goulding (1990). Os autores citados conceituam o K como: K solúvel, K trocável, K não-trocável e K estrutural, informando ainda que pode ser encontrado dissolvido em água na solução do solo; na forma trocável na superfície do solo; na forma não trocável, fixado nas partículas do solo e na forma mineral, compondo a estrutura química dos minerais do solo.

A disponibilidade e capacidade de fornecer o K para o sistema solo/planta, ocorre em função ao CTC do solo, as concentrações de minerais primários e secundários, a ciclagem de nutrientes e a capacidade que o solo possui de equilibrar a quantidade de K, além de levar em consideração o tipo de vegetação local (MEURER; ANGHINONI, 1993; MELO *et al.*, 2009, MITSIOS; ROWELL, 1987; SANTINATO *et al.*, 2017; RAO; KHERA, 1994). Estudos comprovam que o K é o nutriente que tem uma enorme influência para formação de massa de grãos, como também na quantidade de grãos por espiga, confirmando assim, que, para a cultura do milho, são 30% deste nutriente exportado nos grãos (VALDERRAMA *et al.*, 2011).

Evidenciam, Rodrigues *et al.* (2014), que o K aumenta a qualidade dos frutos, em particular a massa individual e o número de grãos por espiga, na cultura do milho. Em vista disso, o K impulsiona o desenvolvimento precoce da inflorescência feminina, aumenta a firmeza do caule e a maturação uniforme (TAKASU *et al.*, 2014).

Além disso, nas pesquisas de Rodrigues *et al.* (2014), descobriram que o aumento das doses de K promoveu maiores concentrações deste nutriente nas planas e clorofila nos tecidos foliares, conseqüentemente, aumento na altura da planta do milho e início do desenvolvimento da espiga além do crescimento no número de fileiras e grãos por milho.

2.3.4 Cálcio, Magnésio e Enxofre

O Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) são chamados de macronutrientes secundários (BERNARDI *et al.*, 2002) e são de grande importância para o milho, considerados elementos essenciais para atingir altas produções, tendo o manejo da calagem a maneira mais fácil de fornecer esses nutrientes à cultura.

As restrições no crescimento das plantas, segundo Malavolta (1996), ocorrem dos efeitos indiretos do pH, que quando se encontra na faixa entre de 6,0 a 6,5, é chamado de pH agricultável, considerado ponto de equilíbrio, devido os nutrientes permanecerem disponíveis (figura 9), destacando que a solubilidade de compostos minerais e a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo estão relacionadas à atividade do íon hidrogênio.

Rajj (2011), afirma que a acidez do solo determina a produção agrícola e é devido à toxicidade do alumínio (Al³⁺) e manganês (Mn²⁺) e à baixa saturação de bases (V%), que as raízes das plantas possuem baixo desenvolvimento em solos acidificados. A degradação pelas plantas e a lixiviação do Ca causam a acidez do solo, e este, por sua vez, com a escassez desse elemento, possui teor abaixo de 5 mg L⁻¹ (KLAUS, 2007).

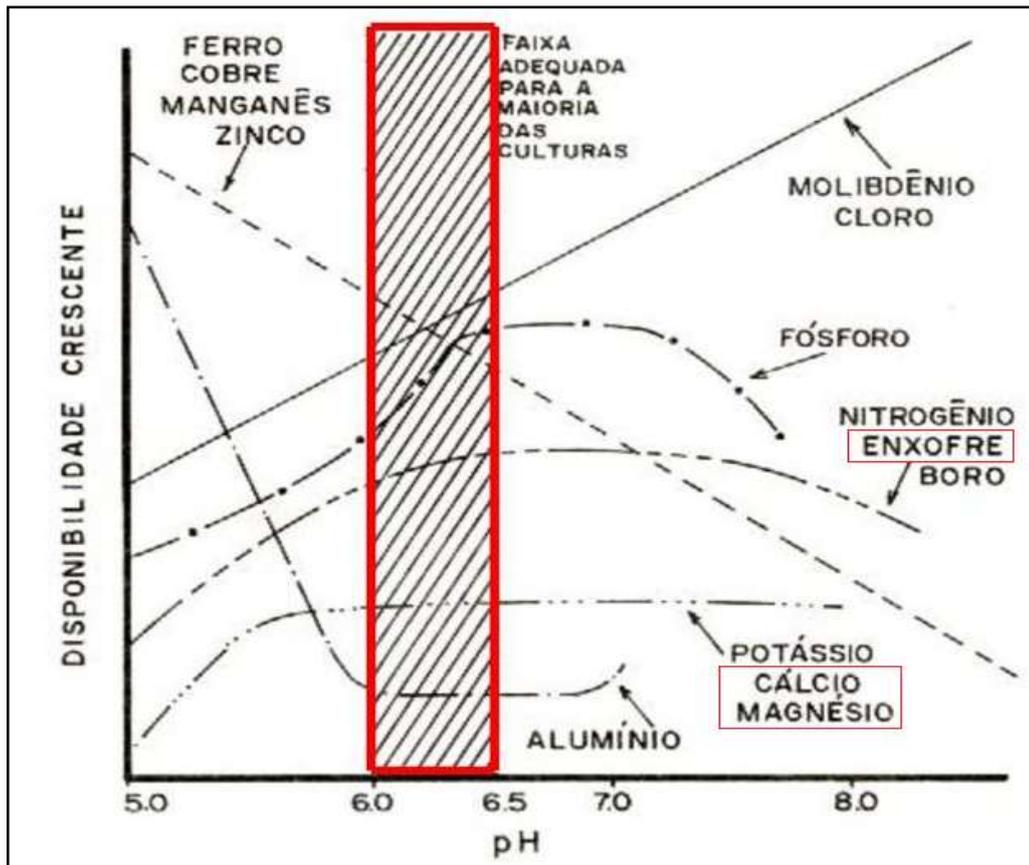


Figura 9. Disponibilidade de nutrientes em diferentes valores de pH do solo.
Fonte: Malavolta (1979)

No solo, o Ca desenvolve a estrutura, a penetrabilidade das raízes e água, além de auxiliar a planta a resistir ao estresse salino, declara Klaus (2007). No entanto, Melo *et al.* (2011), conceitua o elemento Ca como responsável pela estrutura e fisiologia da planta e ainda atua em conjunto com outras substâncias, exercendo a função enzimática e formação de pectatos para composição da parede celular (MANEGHETTI, 2019).

Faquim (2005), em sua pesquisa, diz que além do Ca, o Mg também atua nas atividades enzimática, formando a molécula de clorofila e é encontrado no centro da molécula (figura 10). O Mg é encontrado nos tilacoides, onde a energia solar é recebida e convertida na energia química da fotossíntese (WIEND, 2007).

Cakmak e Yazici, (2010) citam os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas como principais pontos que podem ser afetados pela falta de Mg, portanto, a síntese proteica, formação de clorofila, formação de ATP, transportes no floema e uso de fotoassimilados são as reações mais citadas na literatura.

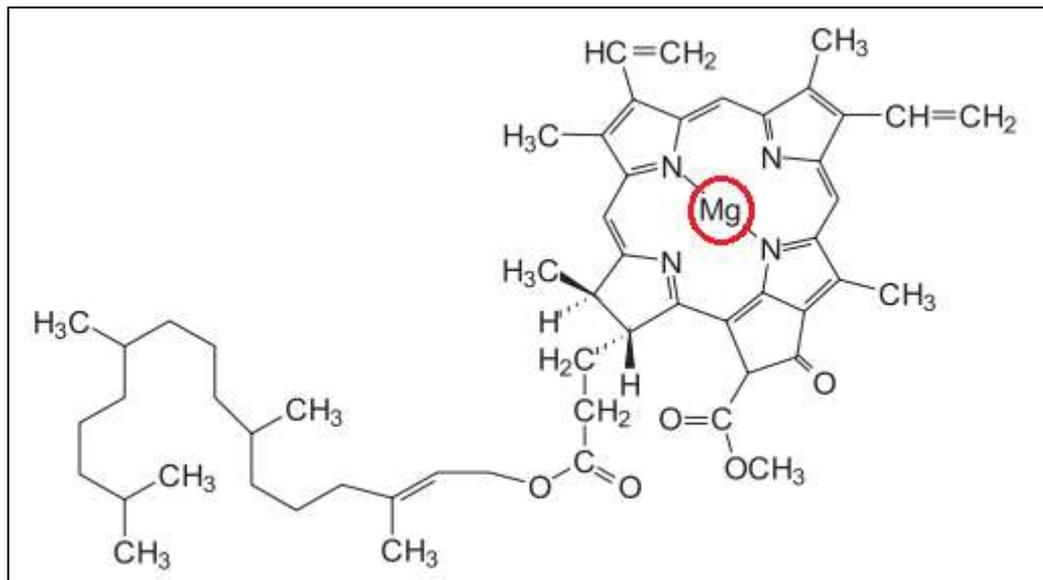


Figura 10. Magnésio é o elemento central da molécula de Clorofila.
Fonte: Streit *et al.* (2005)

Além do Ca e Mg, um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas é o S, que faz parte das estruturas das proteínas presentes e da síntese da clorofila, entre outras funções (VILELA *et al.*, 2011). Amaral *et al.* (2017) discorre sobre o auxílio do S para carrear o Ca e Mg para camadas superiores, equilibrando o pH.

Sob o mesmo ponto de vista, Fiorini (2011), expõe a importância do S na defesa das plantas contra pragas e doenças, pois podem constituir compostos secundários. As plantas de milho fixam a maior parte do S no seu sistema radicular, por isso é importante manter os níveis desse nutriente no solo (SILVA *et al.*, 2003).

Porém, para atingir altos rendimentos, fornecer enxofre por meio de fertilizantes é essencial na cultura do milho. Segundo Mendes *et al.* (2014), em trabalhos realizados, afirmam que nos tratamentos avaliados com adubações de cobertura no milho com nitrogênio e enxofre, resultaram em maiores teores foliares de enxofre quando comparados com outros tratamentos.

Domingues *et al.* (2004), observaram aumento na produção dos grãos de milho com aplicação de doses crescentes de S. Inclusive, Miranda e Miranda (2008), também identificaram aumento na produtividade do milho, com tratamento adicional de S em sistemas de cultivos diferentes (convencional e direto), especialmente nos crescimentos dos grãos.

As exigências de S para o milho são fornecidas com fertilizantes concentrados, sendo encontrados nas formas de sulfato de amônio e o superfosfato simples. Horowitz e Meurer, (2007), relatam que para o enxofre estar na forma disponível para as plantas, é necessário que este elemento seja oxidado por bactérias presente na solução do solo.

Silva *et al.* (2003), estudaram o mecanismo de absorção do S nos vegetais e evidenciaram a taxa de transpiração da planta e os íons no solo que determinam a quantidade de fluxos de massa que são transportados no sistema solo-planta.

2.4 Micronutrientes

Os micronutrientes minerais são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas, sendo eles: zinco (*Zn*), cobre (*Cu*), ferro (*Fe*), manganês (*Mn*), molibdênio (*Mo*), boro (*B*), cloro (*Cl*) e níquel (*Ni*). (MALAVOLTA, 2006). Estes são elementos químicos essenciais para o crescimento das plantas, embora sua proporção seja pequena, a falta dos micronutrientes pode levar a grandes perdas de produção (WARAICH *et al.*, 2011).

Carvalho *et al.* (2001), já citavam a necessidade do cuidado com o manejo de micronutrientes para a produção de grão, com o intuito de aumentar a eficiência da lavoura, além da produtividade e lucro. No entanto, encontrados em pequenas quantidades no solo, os micronutrientes desempenham diferentes funções na planta, como por exemplo, o milho, onde o *Zn* é o elemento que limita o desenvolvimento da cultura (ÁVILA *et al.*, 2006).

Furtini Neto *et al.* (2001), relatam sobre a diminuição de brotações em plantas, devido ao fornecimento dos micronutrientes ter sido limitado. Contudo, em outras pesquisas foram expostos problemas na formação de mudas, desenvolvimento das plantas e produção de matéria seca pela oferta de micronutrientes (BARROSO *et al.*, 2005, GONÇALVES *et al.*, 2006, SILV *et al.*, 2009).

Liebig, em 1843, descreveu em sua teoria da lei do mínimo, que a produção é limitada pelo nutriente em menor disponibilidade no solo, mesmo que todos os outros estejam disponíveis e em quantidade adequada. Mas, em campo, a aplicação da lei é

complexa, devido à dificuldade de quantificar os nutrientes, além das interações que podem influenciar o desenvolvimento das plantas (MENDES, 2010).

Ainda, em seu estudo, Mendes (2010), confirma uma linearidade no crescimento da planta, porém, esse crescimento constante possui um limite de produção (figura 11), onde os fatores limitantes como características genéticas, luz, fotoperíodo e outros, não é possível ter o controle.

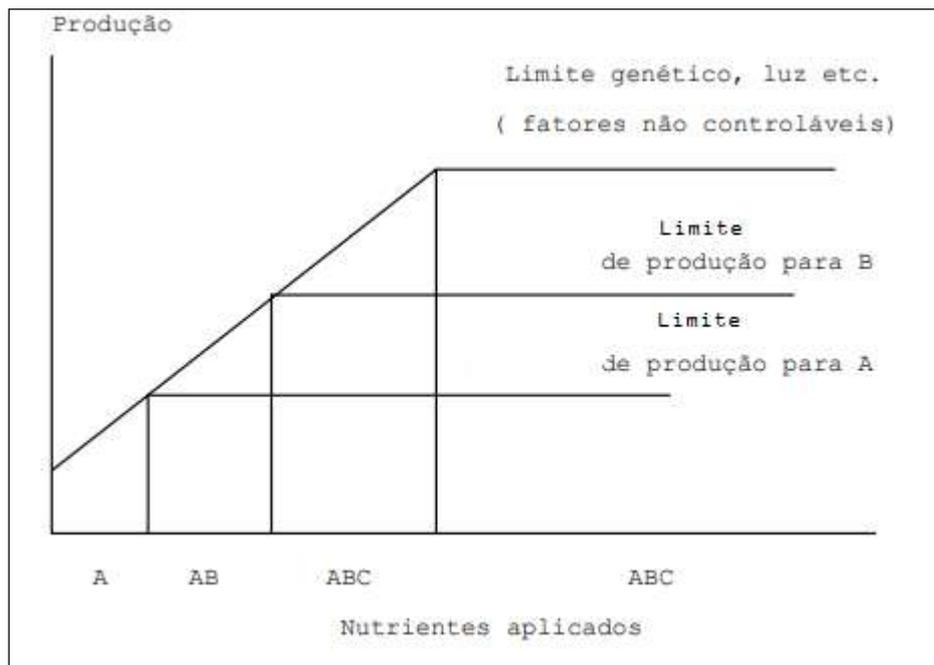


Figura 11. Resposta a adubação baseada na lei do mínimo.
Fonte: Adaptado de Mendes (2010)

Para Vitti *et al.* (2011), a importância dos micronutrientes é explicado pela sua relação direta com o metabolismo da planta, ademais, processos fisiológicos. Santos (2013) cita as funções fundamentais de cada micronutriente, ou seja, o Cu e Mn, participam do processo fotossintético, o B é um constituinte da parede celular, já nas membranas celulares, observa-se a interação com o B e Zn como ativadores enzimáticos o Mn e Zn.

Para a cultura do milho, a exigência do elemento varia de acordo com as suas fases fenológicas, sendo que Faria (2014) afirma a existência da alta sensibilidade à deficiência do Zn, média a de Cu, Fe e Mn e baixa ao B e Mo. Em síntese, Coelho

(2006) especifica que as deficiências podem ser corrigidas aplicando-os no solo ou parte aérea das plantas, como a adubação foliar, afirmando também os estudos da Embrapa (2011).

Portanto, os solos brasileiros com baixa fertilidade, devem manter o manejo de adubação para atender às necessidades da produção (EVANGELISTA *et al.*, 2010). Marschner (2012) ainda traz a importância dos cuidados na distribuição dos nutrientes na cultura, do conhecimento da disponibilidade no solo e sua baixa mobilidade.

2.5 Avaliação nutricional da planta e a diagnose visual.

O diagnóstico consiste em estimar a condição nutricional de uma planta por meio de uma amostra do tecido vegetal e do solo e assim compará-los com o padrão pré-determinado, ou seja, a planta e/ou solo devem possuir os nutrientes na proporção adequada para que a planta realize todo o seu ciclo, expressando o máximo da sua produção (MENEZES, 2017).

O diagnóstico visual é uma ferramenta muito usada para avaliar os sintomas de deficiência ou toxicidade de um elemento com base na aparência da planta, principalmente na cor de suas folhas (EMBRAPA, 2013).

O estado nutricional das culturas é determinado pela espécie, a variedade, cultivar e/ou híbrido, levando em consideração os fatores ambientais, além das interações químicas, biológicas e física do solo (NICOLODI; GIANELLO, 2017). Bem como Brunetto *et al.* (2020), que analisaram os tipos de adubos utilizados nas lavouras, inclusive a quantidade de nutrientes presentes neles, afirmando que estes são os principais fatores que afetam o estado nutricional das plantas e consequentemente a produtividade.

Malavolta (1997), descreve o diagnóstico do estado nutricional das plantas, através da metodologia que visa a análise de folhas nas épocas de floração, sendo assim Carmo *et al.* (2000), com estudos desta metodologia, conseguiu determinar os teores de macro e micronutrientes presentes.

Gott *et al.* (2014) em seus estudos sobre as formas de avaliação do estado nutricional das plantas, conceituam como uma ferramenta que combina a análise do

solo e dos tecidos vegetais que resultam na identificação dos desequilíbrios nutricionais e dos nutrientes mais limitantes para a produção.

Conforme proposto por Malavolta *et al.* (1997), existem diferentes formas de avaliar o estado nutricional das plantas, sendo elas: medidas da clorofila presente, testes bioquímicos, diagnóstico foliar e o diagnóstico visual, sendo este, o mais utilizado atualmente.

O diagnóstico visual consiste na observação de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes, em suma, é a comparação de uma planta com características diferentes da amostra padrão da cultura em questão (FONTES, 2001). Silva *et al.* (2016) relatam que os principais processos metabólicos da planta ocorrem em folhas, esse órgão da planta é o mais sensível ao excesso ou deficiência de nutrientes.

O teor de nutrientes nas folhas está relacionado com a quantidade extraída do solo, o que torna esse método preciso (MAGALHÃES *et al.*, 2016). Mas é importante frisar que a identificação visual de um sintoma significa que os problemas nutricionais estão em um estado avançado, segundo Chagas (2021).

Vieira *et al.* (2014), em observação visual das mudas do seu experimento, também afirma que é importante diagnosticar desequilíbrios nutricionais, mas, no momento em que os sintomas se desenvolvem, a produção pode já ter sido prejudicada. Sendo assim, em diferentes culturas, sintomas visuais de desequilíbrios, devem ser detectados e corrigidos rapidamente, com a orientação técnica de um profissional com conhecimento da cultura.

Os sintomas de deficiência podem ser usados em campo, como um auxílio na identificação de deficiências nutricionais, com base na sintomatologia, o técnico deve ter razoável experiência na área, uma vez que as deficiências, os sintomas de doenças e os distúrbios fisiológicos podem ser confundidos (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O diagnóstico visual independe do uso de equipamentos com alta tecnologia, pode ser utilizado como método complementar para o estudo do estado nutricional das plantas. Sendo assim, Malavolta *et al.* (1997), sequêcia de forma simples e objetiva, os sintomas do excesso ou deficiência de nutrientes que causam anomalias nos órgãos das plantas (figura 12).

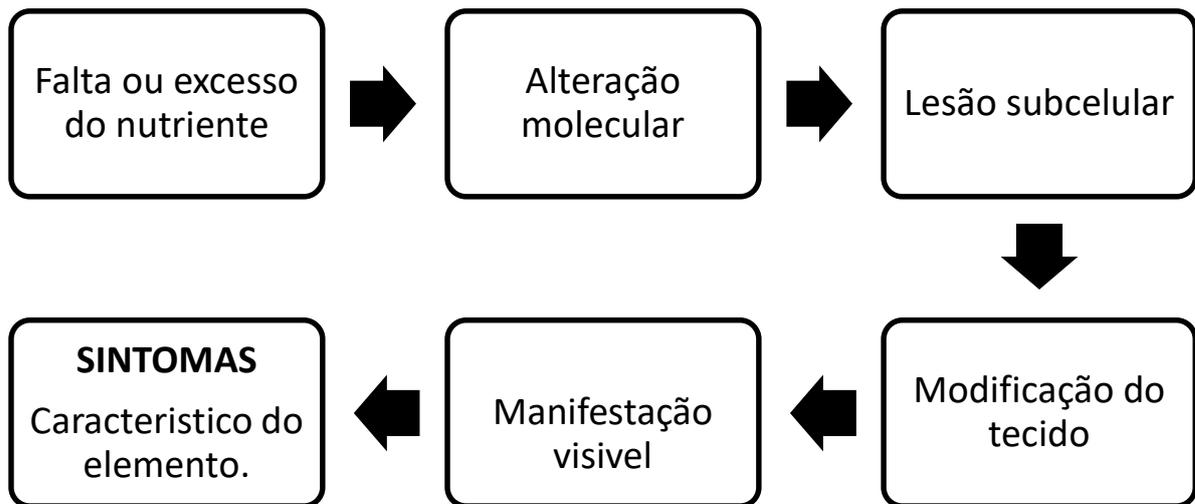


Figura 12. Sequência de eventos que conduzem aos sintomas.
Fonte: adaptado de Malavolta *et al.* (1997)

A ausência de nutrientes em experimentos é uma alternativa para o conhecimento das necessidades nutricionais, conforme Vieira *et al.* (2014), uma vez que os macros e micronutrientes estão inteiramente relacionados com a produtividade, seja por deficiência ou excesso dos elementos essenciais.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo, foi realizada uma revisão integrativa de literatura, uma vez que se trata de uma análise de estudos importantes, que aprimora a prática e promove o aprendizado em determinados assuntos (BENTO, 2012).

A pesquisa foi realizada por meio de consulta as bases de dados: Google Scholar, Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Scientific Electronic Library Online (SciELO), com limitadores temporais no período de publicação de 2011 até 2021.

Para a busca dos artigos, foram utilizados os seguintes descritores e suas combinações na língua portuguesa e inglesa, respectivamente: Deficiência nutricional, Diagnose visual, macronutrientes, micronutrientes, *Zea mays L.* e Nutritional impairment, Visual diagnosis, macronutrients, micronutrients, *Zea mays L.*, utilizando como conectivo o termo “and”.

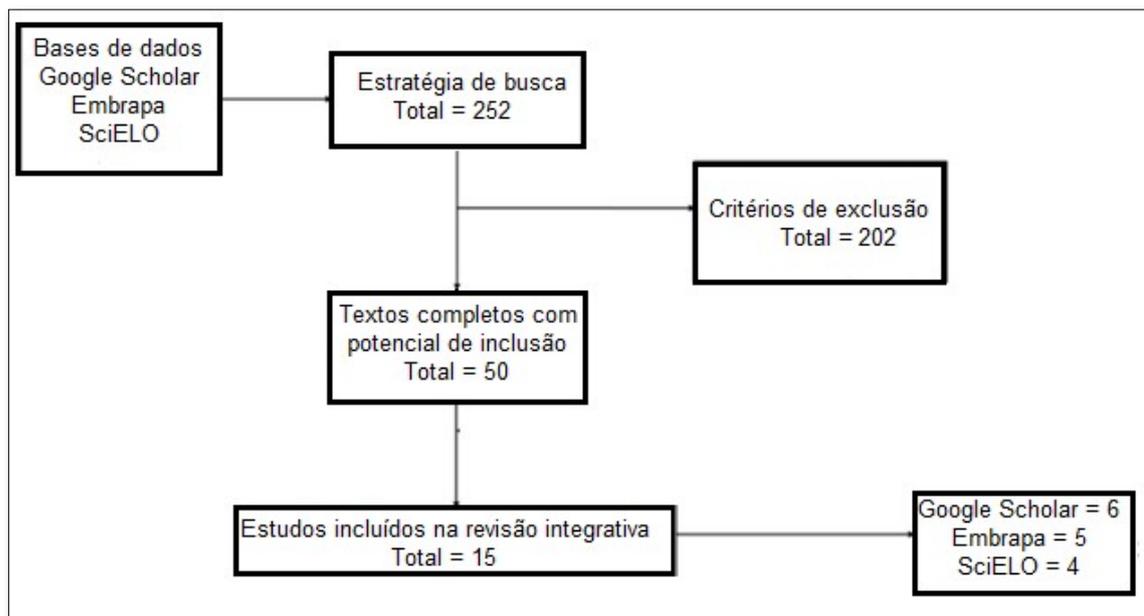
Inicialmente, para que os artigos atendessem a finalidade do estudo, algumas questões foram delimitadas, com vista a obter artigos que abordassem o estado nutricional do milho e o método de diagnose visual, podendo ser pesquisas publicadas em português e/ou inglês.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram pré-selecionados pelas palavras-chave (filtro 1), em seguida foi selecionado pelos títulos e objetivo (s) (filtro 2) e para a seleção criteriosa dos artigos, foi analisado a metodologia (filtro 3). Por fim, os artigos foram lidos na íntegra (filtro 4) e selecionados os que correspondiam aos objetivos deste estudo. Os critérios de exclusão utilizados foram: estudos que não estivessem de acordo com tema em discussão, artigos em idiomas que não fossem os que foram listados anteriormente, documentos relacionados a congressos e conferências, como também, trabalhos publicados que estivessem fora do período mencionado acima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de estratégias científicas que limitam a seleção de artigos, quanto à sua importância, possibilitou a identificação de 252 artigos separados em 12 artigos científicos na base de dados do SciELO, representando 4,8%, no Embrapa foram 65 (25.8%) e 175 no Google Scholar (69.4%).

Em síntese, para leitura foram selecionados 50 artigos, porém, ao serem aplicados os critérios de exclusão e ao adotar uma análise e leitura minuciosa, foram utilizados somente 15 artigos para o desenvolvimento deste trabalho (fluxograma 1).



Fluxograma1. Representação esquemática da seleção dos artigos.

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Nesta revisão integrativa, após a leitura e análise dos artigos escolhidos, foram considerados o ano de publicação, bem como o objetivo (s) e resultados/conclusão encontrados na tabela 1. Diante da busca nas bases de dados, foram excluídos trabalhos que estivessem fora da escala temporal (2011 até 2021). Além disso, observa-se que a maior parte das publicações aconteceram no ano de 2017.

Autor/Ano	Objetivo(s)	Resultados/Conclusão
ALTARUGIO <i>et al.</i> /2017	Avaliar o efeito da aplicação foliar de magnésio no desempenho do milho (<i>Zea mays</i>) em solo com níveis adequados de saturação por base.	A pulverização foliar de Mg melhora os parâmetros produtivos das culturas do milho.
BASI <i>et al.</i> /2011	Discutir aspectos relacionados à dinâmica do nutriente N na planta de milho,	O N afeta a qualidade dos grãos, pois exerce papel fundamental na formação e composição da planta, além da relação com a produtividade de grãos e de matéria seca da parte aérea da planta de milho.
CAETANO <i>et al.</i> /2016	Estudar o efeito da escória nas características químicas do solo, na produção de biomassa e nos teores de nutrientes e metais pesados na matéria seca de plantas de milho.	Os teores de metais na matéria seca do milho submetidas às doses de escória e calcário foram inferiores aos níveis críticos para a toxicidade.
FERREIRA /2012	Identificar a sintomatologia de deficiência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Mn, B, Zn, Fe, Cu, Ni e Mo no milho híbrido BRS 1010.	O método da diagnose mostrou-se eficiente para avaliar visualmente os sintomas de deficiência nutricional no milho.
GOTT <i>et al.</i> /2018	Determinar índices diagnósticos para interpretação de resultados de análise foliar de milho	Os índices diagnósticos regionalizados aumentam a confiabilidade ao diagnosticar talhões com as mesmas características das normas estabelecidas em relação a valores de referência.
HURTADO <i>et al.</i> /2011	Determinar índices diagnósticos para interpretação de resultados de análise foliar de milho	Os índices diagnósticos regionalizados aumentam a confiabilidade ao diagnosticar talhões com as mesmas características das normas estabelecidas em relação a valores de referência.
LORENZETTI <i>et al.</i> /2020	Verificar produtos à base de Ca, Cu, Mn e Zn influenciam no manejo de doenças foliares do milho.	Produtos à base de Ca, Cu, Mn e Zn não tem influência sobre caracteres agrônômicos e severidade das doenças avaliadas em milho.
MELO <i>et al.</i> /2021	Avaliar as máximas produtividades técnicas e econômicas decorrentes da aplicação de doses de nitrogênio e de potássio em milho.	Maiores produtividades de grãos secos, produtividade técnica e econômica com doses de N e K.
MENEZES <i>et al.</i> /2018	Avaliar a extração de N, P e K pela cultura do milho adubada com dejetos líquidos de suínos.	A extração de nutrientes segue a ordem decrescente para o período vegetativo da cultura do milho $K > N > P$ e no período reprodutivo $N > K > P$.
MOREIRA /2017	Determinar o efeito de doses crescentes de zinco e boro em milho.	O aumento das doses de zinco afetou o crescimento, a produção de matéria fresca e seca e o acúmulo de P e Zn.

		O boro aumentou o crescimento e acúmulo de massa verde e seca, afetando a absorção de todos os nutrientes analisados, com exceção do Ca.
NASCIMENTO <i>et al.</i> /2012	Avaliar a resposta da cultura do milho em sucessão à culturas de inverno, havendo a antecipação da aplicação do nitrogênio.	A aplicação antecipada de N na cultura do milho é dependente da cultura antecessora e influenciaram nas concentrações dos nutrientes, refletindo na produtividade do milho.
BARBOSA, FRANÇA /2015	Avaliar o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (<i>Zea mays</i> L.) submetido a doses crescentes de calcário e boro.	Houve um aumento de 2 toneladas nos tratamentos em que se utilizou a dose duas vezes acima da recomendada de boro.
PUGA <i>et al.</i> /2013	Avaliar os efeitos de diferentes métodos de aplicação de Zn na qualidade de grãos de milho e sorgo cultivados em Latossolo.	A aplicação de Zn promoveu maiores teores deste micronutriente no milho.
SANTOS <i>et al.</i> /2021	Abordar os micros e macronutrientes necessário para o desenvolvimento das plantas.	A disponibilidade de micronutrientes é afetada por diversos fatores, o seu uso é importante para o desenvolvimento das plantas.
SOBRAL; ANJOS /2017	Estudar a produtividade de milho influenciada pelo zinco em solos no Agreste de Sergipe.	A aplicação de zinco no Cambissolo influenciou o teor do nutriente na folha e a produção do milho. Doses maiores que 1,46 kg ha ⁻¹ tiveram efeito deletério na produção.
TORRES <i>et al.</i> /2016	Avaliar o crescimento e a concentração de micronutrientes em plantas de milho submetidas a doses de níquel e calagem.	O níquel exerceu ação antagônica com manganês e zinco e sinérgica com o cobre e ferro.

Tabela 1: Síntese dos estudos selecionados para revisão.

Fonte: elaborado pelo autor (2021)

Das publicações selecionadas, aproximadamente 33% estavam na língua inglesa, no entanto, a maioria das pesquisas realizadas eram experimentos e/ou levantamento bibliográfico. O componente mais discutido nos estudos foram: os resultados do milho a respostas de doses crescentes de macro ou micronutrientes (59,0%), seguido das sintomatologias características de cada elemento essencial, abordados (41,0%).

A ampla aceitação do método de diagnóstico visual nos campos produtivos é evidenciada pela variedade de culturas em que tem sido utilizado, para detectar a

situação nutricional, equilibrada ou desequilibrada, como por exemplo: na cultura do milho (PARENT *et al.*, 2009).

Plantas de milho com sintomas de deficiência N mostraram um amarelecimento das folhas seguindo para uma clorose generalizada e finalmente necrose (FERREIRA, 2012). Os sintomas visuais específicos da deficiência foliar de nitrogênio devem ser observados e comparados com plantas sem deficiências (imagem 1). O N é um nutriente móvel na planta, sendo que seus sintomas mudam gradualmente para as folhas superiores da planta, além de que o diagnóstico visual pode ser realizado no campo usando medidores químicos, como o medidor de clorofila (NASCIMENTO *et al.*, 2012).



Imagem 1. Folhas de plantas de milho cultivadas com solução nutritiva deficiente em nitrogênio (A) e em solução completa (B).

Fonte: Coelho (2014)

A Embrapa (2005), em estudos, reafirma que os métodos diagnósticos foliares são os mais relevantes para interpretação e análise dos tecidos vegetais, utilizando a folha como o órgão da planta, que apresenta maior atividade metabólica,

representando a resposta da cultura à aplicação de fertilizantes, o histórico das práticas agrícolas, as mudanças fisiológicas devido aos distúrbios nutricionais.

Basi *et al.* (2011), cita a diminuição na qualidade dos grãos como resposta da falta de N, uma vez que desempenha um papel importante na formação e composição do milho, observando que os grãos da extremidade da espiga não enchem (Imagem 2). Diante disso, Nascimento *et al.* (2012), descreveram a conversão do nutriente N, em produção de grãos de milho com resultados positivos nos tratamentos.



Imagem 2.: Sintomas da deficiência de N nas espigas de milho. Não ocorre o enchimento das extremidades da espiga (A); espiga normal, com N suficiente (B).

Fonte: Below (2002).

Apesar do N contribuir para o desenvolvimento das plantas de milho, com expressividade da área foliar, produção de matéria seca e rendimento de grãos, esse elemento em excesso provoca o acamamento do milho, que impossibilita a colheita, causando danos econômicos ao produtor (EMBRAPA, 2011).

Menezes *et al.* (2018), afirma que extração de nutrientes no milho segue a ordem decrescente, sendo que o P está na terceira posição, tanto para o período vegetativo quanto para o reprodutivo, ficando atrás do N e K. Contudo, plantas de milho com deficiência de P apresentaram diminuição no tamanho, mas não tão significativa como a omissão de K.

Ferreira (2012) observou que as folhas mais velhas do milho adquiriram a cor verde azulada, que progrediram para as folhas mais novas (imagem 3), pois o P é

móvel no floema da planta. Assim, o P é um nutriente tem uma alta variabilidade nutricional nas plantas, o que leva as recomendações mais precisas, aumentando no potencial de rendimento na cultura (GOTT *et al.*, 2014). Existem relatos afirmando que, baixas temperaturas podem causar sintomas semelhantes a deficiência de P, no milho, em resposta aos problemas metabólicos, mesmo sem deficiência do P.



Imagem 3. Sintomas de deficiência de fósforo.
Fonte: (INPI, 2021).

A deficiência de P ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento do milho, sendo que na condição de deficiência contínua, uma cor violeta ou púrpura se desenvolverá nas bordas das folhas velhas no estágio II, progredindo em direção à base. No estágio III, com a progressão da problemática, toda a folha marrom-arroxeadada, que segundo Ferreira (2012), quando chega no estágio IV de desenvolvimento com uma deficiência aguda, ocorre uma queima das folhas, além da planta ficar susceptível ao ataque da lagarta do cartucho.

Ademais, os sintomas nas folhas das plantas de milho com deficiência de P, normalmente apresentam crescimento reduzido, raiz pouco desenvolvida, colmo fino e grãos subdesenvolvidos. O desenvolvimento das raízes do milho, foram observadas em estudos com a adubação com fosfato de rocha, proporcionando um significativo crescimento (imagem 4) e aumento da produção de biomassa de milho (CAETANO *et*

al., 2016). Em síntese, os sintomas visuais aparecem quando a deficiência é mais evidente, no entanto, quando a deficiência é precoce, há menos crescimento e produção, mas a planta pode não apresentar os sintomas típicos.

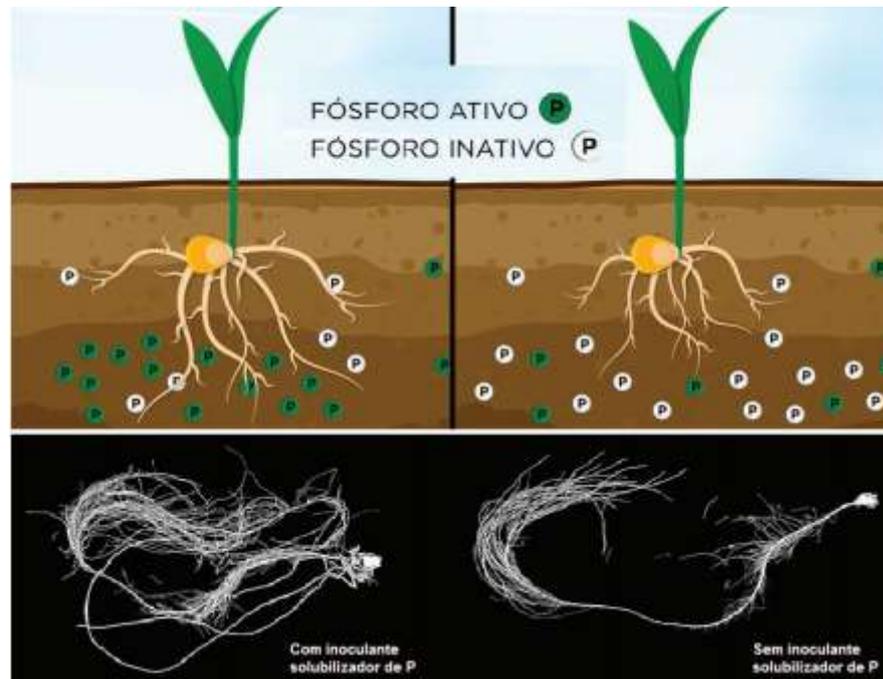


Imagem 4. Sintomas visuais de deficiência de P em raízes de Milho.
Fonte: Paiva *et al.* (2020)

Depois do nitrogênio, o K é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, entretanto, a deficiência desse elemento provoca uma redução no porte da planta (FERREIRA, 2012). Além de provocar um encurtamento dos entrenós e uma perda geral da cor verde-escura das folhas.

Inicialmente nas pontas das folhas ocorre uma coloração amarelo pálido, seguida por necrose marrom pálida e progridem em direção à borda em direção à base, sendo os sintomas específicos da deficiência de K (imagem 5). Melo *et al.* (2021), ressalta que o K é o elemento essencial para o aumento de produtividade de espigas despalhadas e produtividade de grãos.

De acordo com Gott *et al.* (2014), os baixos níveis críticos de Mg no solo ocorrem devido ao efeito antagônico do excesso de K trocável no solo, ou seja, interfere diretamente na absorção de Mg, o que reduz a concentração do elemento na folha (CAETANO *et al.*, 2016).



Imagem 5. Sintoma de deficiência de K em folha de milho.
Fonte: Durli (2021)

A faixa de suficiente corresponde aos valores em que o nutriente deve estar na forma disponível para planta. O Mg citado na literatura reflete o manejo nutricional na faixa de suficiência deste elemento, contudo, em altas doses do K, tem efeito antagônico na absorção e no conteúdo de Mg na folha, em plantas cultivadas em solos com menor relação Mg / K, situação que provavelmente caracteriza desequilíbrios nutricionais de nutrientes (GOTT *et al.*, 2014).

Os autores citados, realizou pesquisas com as faixas de suficiência de macronutrientes e micronutrientes, utilizando a determinação de valores de referência para uma região específica, com os níveis críticos dos micronutrientes determinadas por (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Notou-se que os valores obtidos para os macronutrientes no trabalho são superiores às encontradas nas recomendações oficiais existentes, exceto para o Mg (tabela 2).

As plantas de milho deficientes em Mg apresentaram uma diminuição de tamanho e as folhas mais velhas apresentaram clorose do tipo intervalo (aspecto estriado) (imagem 6), que progride para tons de roxo e depois para necrose (FERREIRA, 2012), evidenciando que as folhas afetadas são sempre as mais velhas e ficam com amarelecimento entre as nervuras da folha, pois o Mg é um constituinte da molécula de clorofila, necessário para várias reações enzimáticas.

Nutriente	Deficiente	Faixa Adequada	Excessiva	Malavolta et al. (1997) ³
		g kg ⁻¹		
N	< 34,7	35,0-40,3	> 40,3	27,5-32,5
P	< 3,3	3,3-3,8	> 3,8	2,5-3,5
K	< 22,7	22,7-28,9	> 28,9	17,5-22,5
Ca	< 4,4	4,4-6,2	> 6,2	2,5-4,0
Mg	< 1,6	1,6-2,2	> 2,2	2,5-4,0
S	< 2,1	2,1-3,0	> 3,0	1,5-2,0

Tabela 2. Faixas de suficiência de macronutrientes interpretadas como faixa: deficiente, adequada e excessiva, obtidas em lavouras de milho.
Fonte: Gott *et al.* (2014)

De acordo com Lorenzetti *et al.* (2020), em experimentos com o Mg, relataram que o uso deste elemento em plantas de milho pode reduzir os danos causados pelas doenças. Afirmando assim, que o equilíbrio de nutrientes nas plantas pode causar mudanças nos parâmetros químicos, morfológicos e histológicos, ficando menos predispostas à infecção por patógenos.

Estudos mostraram o impacto positivo da aplicação foliar Mg sobre o desempenho produtivo do milho cultivado, mesmo em solo contendo conteúdo adequado de Mg, o que também favorece aumenta o Índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) (variável que apresenta alta correlação com o teor de clorofila), no conteúdo em milho (ALTARUGIO *et al.*, 2017).



Imagem 6. Sintomas de deficiência de Mg nas folhas de milho.
Fonte: Coelho (2014).

A Pulverização foliar de Mg promoveu um aumento no rendimento de grãos no milho em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, que segundo Altarugio *et al.* (2017), independentemente do estágio fenológico, seja o vegetativo e/ou reprodutivo, provaram ser uma medida viável para melhorar a nutrição das plantas e promover ganhos de produtividade em safras milho.

O Ca é um elemento essencial para o milho, sendo que os sintomas de deficiência ocorrerão nas folhas jovens no topo da planta, notando-se um aspecto gelatinoso das folhas. Elas começam a se torcer e em seguida se contorcem e morrem (imagem 7). O metabolismo é uma das principais funções atribuídas ao Ca, que em conjunto com o B para formação de paredes celulares e divisão celular (SANTOS *et al.*, 2021).



Imagem 7. Sintomas de deficiências nutricionais de Ca em folhas de milho.
Fonte: Ferreira (2012).

Entretanto, Barbosa e França (2015) relataram um acúmulo de Ca durante a fase vegetativa, embora persista ao longo do ciclo de desenvolvimento. Ainda assim, Ferreira (2012) relata que os sintomas são mais visíveis nas folhas mais novas, pois o Ca é um elemento praticamente imóvel no floema.

A calagem é um método que contribui para aumentar a eficiência dos fertilizantes a produtividade e rentabilidade agrícola ao elevar o pH, fornecendo Ca e Mg. Contudo, diminui os efeitos tóxicos de outros elementos (BARBOSA; FRANÇA, 2015). A correção do solo, com o uso de calcário, leva ao aumento do teor de Ca e Mg, variando a composição da relação Ca/Mg.

A alta mobilidade dos elementos citados, leva a uma distribuição mais uniforme do calcário no solo, o que aumenta significativamente o teor de Ca e Mg, com proporção adequada que favorece o equilíbrio entre esses cátions no solo e auxilia no desenvolvimento de plantas cultivadas. Barbosa e França (2015) ainda declararam que acúmulo de Mg, assim como o de S, é distribuído por todo o ciclo de desenvolvimento, verificando-se grande translocação para o enchimento da espiga.

Um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas é o S, devido a sua relação na produção de proteínas, o que influencia o desenvolvimento e enchimento dos grãos. Caetano *et al.* (2016), relatam que o solo fornece o S para as plantas por meio da matéria orgânica, mas, para obter uma melhor produtividade, pode ser necessário incremento do S por meio da aplicação de fertilizantes.

Os sintomas de deficiência de S se manifestam numa clorose geral da planta, não sendo observado diferença entre as folhas mais novas e as mais velhas. Ferreira (2012), em experimento com plantas de milho, verificou que a deficiência de S resultou em plantas com tamanho reduzido (imagem 8).

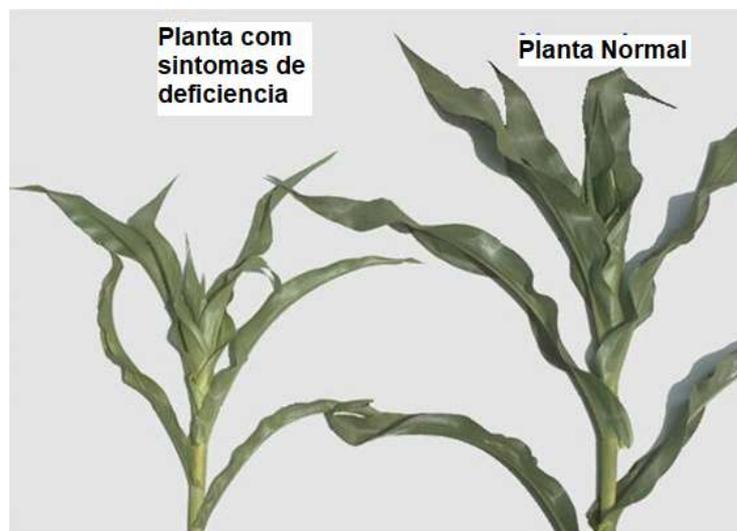


Imagem 8. Sintomas de deficiência de S em plantas de milho.
Fonte: Adaptado de Giracca e Nunes (2021)

Ainda assim, folhas apresentaram um branqueamento (Imagem 9) mais pronunciado nas pontas e um tipo de "enrugamento" nos tecidos, visto que em algumas plantas de milho foram observadas que as folhas apresentaram uma clorose, que progrediu para necrose em vários pontos da lâmina foliar (FERREIRA, 2021). Nos

estudos em plantas de milho, são constantemente observados o amarelecimento do caule e das folhas mais novas, começando nas bordas até a nervura central das folhas, contudo, as folhas mais velhas permanecem verdes, com sintomas de deficiência de S.



Imagem 9.: Folhas de milho apresentando 'embranquecimento', por deficiência de S.
Fonte: Ferreira (2012)

Os sintomas visuais de deficiência nutricional de micronutrientes comprometem a produtividade do milho, sendo que o B é o micronutriente mais citado nos estudos sobre deficiência na cultura (MOREIRA, 2017).

A deficiência de B mostra uma diminuição acentuada de tamanho na planta, além de uma cor verde muito intensa. Ferreira (2012), ainda evidencia que o sintoma é bastante característico nas folhas mais novas, devido ao B ser um elemento pouco móvel na planta. Assim, a base do limbo foliar apresenta diminuição da espessura, provocando um clareamento (imagem 10) e início de enrolamento.



Imagem 10. Sintomas de deficiência de boro na cultura do milho.
Fonte: Alvarenga (2020)

Moreira (2017) verificou que, com o aumento de doses de B no seu experimento, o milho respondeu positivamente, sugerindo a hipótese da falta deste nutriente no solo, observando a testemunha (imagem 11). O B encontrado no solo pode ser adsorvido à fração orgânica e inorgânica, contudo, o seu teor total pode variar conforme características específicas do solo, sendo que apenas uma pequena fração está disponível para as plantas (BARBOSA; FRANÇA, 2015).

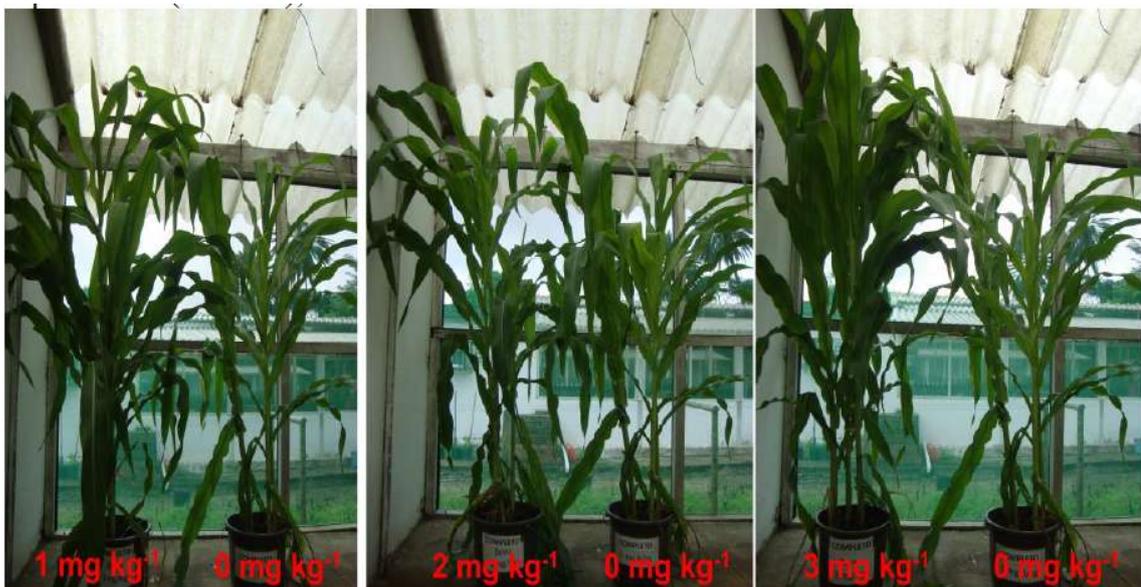


Imagem 11. Diferença na altura das plantas de milho, em relação a testemunha, submetidas às diferentes doses de zinco.
Fonte: Moreira (2016).

Do mesmo modo, Barbosa e França, (2015) explicam que o crescimento em diâmetro e comprimento da espiga pode estar correlacionado à necessidade de boro, portanto, sugere-se a sua aplicação para uma maior produção de grãos do que para o desenvolvimento vegetativo do milho, pois este elemento está envolvido na reprodução, agindo na germinação do grão de pólen e no desenvolvimento do tubo polínico.

A deficiência de B restringe o tamanho do grão, de modo que as espigas têm muitos lugares sem formação do mesmo e alguns grãos de tamanho suficiente (imagem 12). Segundo Moreira (2012), o B é necessário para movimento de açúcares das folhas até as espigas, eficiência do uso da água e tolerância à seca.

A função fisiológica de B se difere de qualquer outro elemento essencial por não pertencer a nenhum composto ou enzima específico, mas é conhecida por ter funções em muitos processos fisiológicos da planta, tais como: crescimento meristemático; transporte de auxinas (AIA); síntese de ácidos nucléicos (DNA e RNA) e etc. (BARBOSA; FRANÇA, 2015).

Além do mais, estudos trouxeram resultados do crescimento da planta e acúmulo de massa verde e seca com as doses de B na produção de milho, o que influenciou significativamente na absorção de macro e micronutrientes pela planta (MOREIRA, 2017).

O B é o único elemento que não satisfaz o critério de essencialidade de forma direta (Malavolta 2006), sendo que a sua essencialidade é comprovada em conjunto com o Zn, que frequentemente promove um sintoma de deficiência nas culturas (SOBRAL; ANJOS, 2017). A deficiência de Zn é uma forte limitação para a produção de milho, o que reduz o rendimento das culturas.

No Brasil, pesquisas relatam frequentes sintomas de deficiência de zinco em plantações de milho, devido aos solos pobres deste elemento. Todavia, as interações negativas entre P e Zn, diminui a disponibilidade de Zn em solos corrigidos por ácido (EMBRAPA, 2011).

Ferreira (2012) afirma que o Zn não é encontrado no floema da planta, tendo a sua redistribuição limitada, sendo considerado pouco móvel, contudo, são observados sintomas de deficiência em folhas novas.



Imagem 12. Espigas de milho normal (A) e deficientes (B, C) em boro.
Fonte: adaptado Tokeshi (2002).

Os sintomas de deficiência de Zn resultam em uma ligeira diminuição no tamanho da planta de milho, como também as suas folhas apresentam um amarelecimento, ou seja, uma clorose interna na lâmina das folhas mais jovens, uma vez que é relativamente imóvel dentro da planta (imagem 13) (FERREIRA, 2012).

Puga *et al.* (2013), em estudos avaliando os mais eficientes métodos de aplicação de Zn para promover a absorção do elemento pelas plantas e para maximizar o acúmulo micronutriente em grãos, constataram que ocorre o enriquecimento do milho com Zn, pois os cereais costumam apresentar baixos teores de proteínas e micronutrientes, incluindo Fe e Zn.

Além disso, alguns estudos de campo sugeriram a aplicação de fertilizante contendo Zn para aumentar a produtividade e concentração em grãos em aproximadamente 3,5 vezes pelo solo e métodos de aplicação foliar em solos calcários. Assim, o efeito do Zn promove a qualidade e concentração de proteína em grãos (PUGA *et al.*, 2013).



Imagem 13. Diagnose por subtração de zinco na cultura do com desbotamento interveinal das folhas.
Fonte: Campos (2016)

Gott *et al.* (2014), descreveram no seu diagnóstico, uma maior limitação nutricional na cultura do milho por deficiência Zn e Fe. No entanto, a presença de matéria orgânica e P, podem comprometer a disponibilidade do elemento Fe para as plantas, impactando a produção.

O Fe faz parte dos cloroplastos presente nas folhas, afirmando Moreira (2017) e a influência direta nos processos fotossintéticos pelas deficiências desse elemento, provoca nas folhas jovens uma diminuição no crescimento e a coloração amarelada (imagem 14). A continuidade do sintoma de deficiência na planta promove uma clorose interna, tornando-se uma coloração roxa ocupando toda a lâmina foliar, seguindo de necrose dos tecidos e posteriormente ocupam todas as folhas (FERREIRA, 2012).

Santos *et al.* (2021), relata que a maior disponibilidade de Fe está na faixa de pH entre 4,0 e 6,0, sendo que a deficiência do mesmo é causada pelo desequilíbrio em relação a outros metais, como o: molibdênio, cobre e manganês.



Imagem 14. Diagnóstico por subtração de Fe na cultura do Milho. A- Folhas apresentando clorose interneval. B- Arroxamento

Fonte: Ferreira (2012)

De acordo com Ferreira (2012), o Fe está envolvido no metabolismo do nitrogênio, assim como na síntese de pigmentos e clorofila, provocando desbotamento interneval nas folhas mais novas (imagem 15), deformidades foliares- devido à morte de algumas células parenquimatosas, folhas de tamanho reduzido, mortes cloróticas e queda prematura.

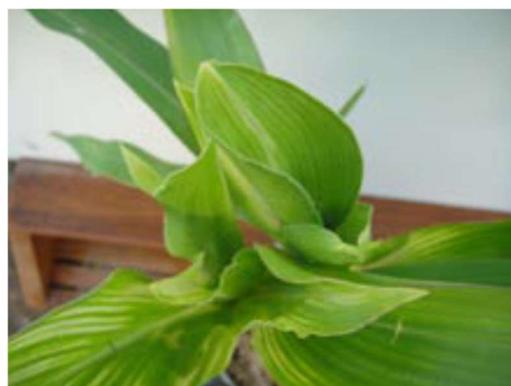


Imagem 15. Diagnóstico por subtração de molibdênio na cultura do Milho. Desbotamento interneval das folhas mais novas.

Fonte: Ferreira (2012)

Outro elemento essencial citado em muitas pesquisas é o Cu, que além de proteger contra doenças, impulsiona o desenvolvimento das plantas, impactando

positivamente no metabolismo, estruturação e crescimento (LORENZETTI *et al.*, 2020).

Inicialmente, a deficiência do Cu começa nas folhas mais novas com uma clorose interna e se transforma em um amarelecimento na parte inferior. Entretanto, Ferreira (2012) ainda cita que por se tratar de um elemento pouco móvel, os sintomas aparecem em folhas mais novas logo que começam a se desenrolar, amarelam e depois as pontas se encurvam e mostram necrose (imagem16).

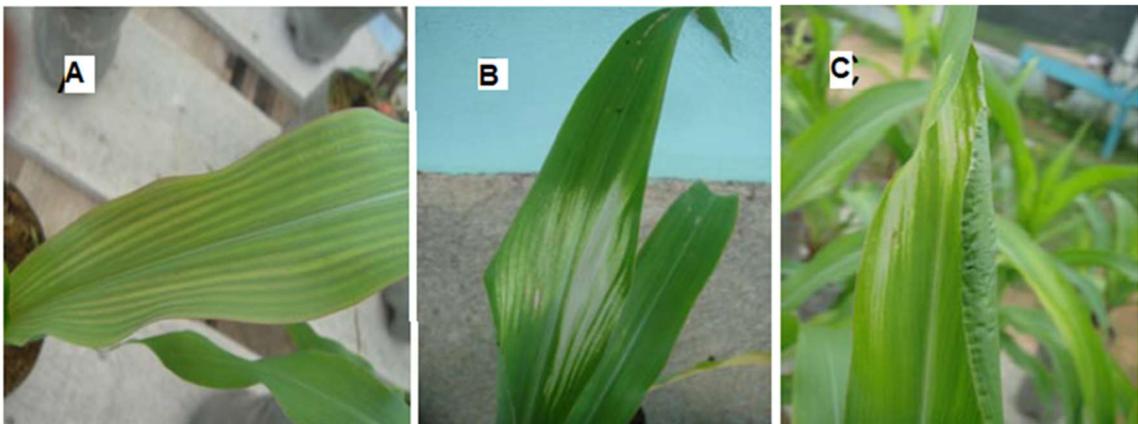


Imagem 16. Diagnose por subtração de Cu na cultura do Milho. A – Clorose interneval das folhas mais novas. B Película de tecido no terço médio da lâmina foliar das folhas mais novas. C - Sintomas de encarquilhamento.

Fonte: Ferreira (2012)

O Ni é um elemento que atua no crescimento, metabolismo, envelhecimento e absorção de Fe pelas plantas e tem papel importante na resistência das plantas a doenças. Inclusive, este elemento poder ser tóxico para várias plantas, mas sua toxicidade pode ser agravada na presença de Ca ou Mg (TORRES *et al.*, 2016).

Durante o desenvolvimento da cultura do milho, pode ocorrer a deficiência de Mn após a aplicação de herbicidas, sendo que as deficiências de ferro e de manganês apresentam sintomas similares, mas começam nas folhas mais jovens (GOTT *et al.*, 2014).

A deficiência de Mn acarreta na diminuição da fotossíntese, resultando no aparecimento de manchas cloróticas entre as nervuras das folhas superiores (imagem 17). Ferreira (2012) diz que os sintomas de deficiência Mn provocam uma diminuição no porte da planta e clorose interneval.

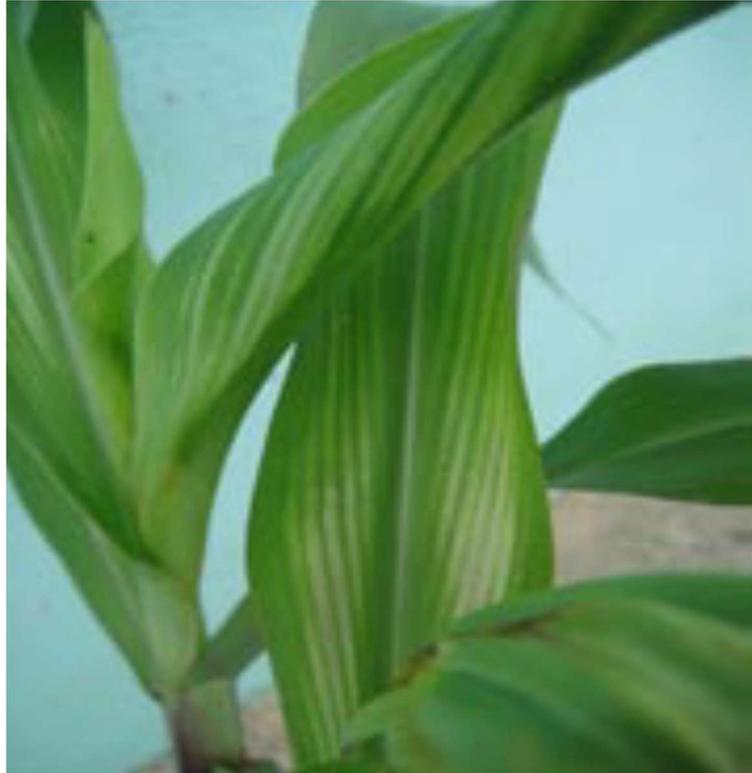


Imagem 17. Diagnose por subtração de manganês na cultura do Milho
Fonte: Ferreira (2012)

O maior interesse e aplicação da análise de plantas é para o nitrogênio, que é difícil de prever através da análise do solo e para micronutrientes, dada a falta de informações sobre níveis de referência no solo e padronização dos métodos analíticos (EMBRAPA, 2011).

Basi *et al.*, (2011), em síntese, trazem que a falta de um nutriente, além de reduzir seu conteúdo na parte aérea do milho, ocasiona um desequilíbrio entre os demais nutrientes e, conseqüentemente, produz alterações morfológicas, traduzidas em sintomas característicos de deficiência de cada nutriente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise e aprendizagem profunda que podem ajudar a diagnosticar sintomas visuais de deficiências minerais, pragas e doenças.

O diagnóstico visual permite avaliar um possível problema nutricional. No entanto, um diagnóstico baseado em sintomas visuais deve ser tratado com cautela e amparado por padrões visuais bem definidos para cada espécie ou mesmo cultivar. Outros fatores, como: infestação de pragas e doenças, uso de agroquímicos e outros tipos de manejo, podem afetar a interpretação visual. Contudo, ainda deve-se levar em consideração o histórico da área, valores de pH do solo e manejos realizados.

O diagnóstico precoce e a correção de uma deficiência de micronutriente geralmente podem ser obtidos pela aplicação foliar do nutriente ausente. Se o diagnóstico for feito posteriormente, a correção só é possível para a temporada seguinte.

REFERÊNCIAS

ALTARUGIO, L.M.; LOMAN, M.H.; NIRSCHL, M.G.; SILVANO, R.G.; ZAVASCHI, E.; de CARNEIRO, L.M.S.; VITTI, G.C.; DE LUZ, P.H.C.; OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. 52, 1185–1191.2017.

ALI, W.; HUSSAIN, M.; ALI, M.; MUBUSHAR, M.; TABASSAM, M. A. Z.; MOHSIN, M.; NASIR, H. A. Evaluation of Freundlich and Langmuir isotherm for potassium adsorption phenomena. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**; v. 6 p. 1048-1054, 2013

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.

AMARAL, L. A. *et al.* Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 35, p. 31-41, abr. 2017.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. DA; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C.; STRIEDER, M. L.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. Análise econômica de estratégias de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes. **Scientia agrária**, v.4, p.27-34, 2003.

ÁVILA, M. R.; BRACCHINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P.; FACCIOLI, F. S. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 535-543, 2006.

BARBANO, M. T.; DUARTE, A. P.; BRUNINI, O.; RECO, P. C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; KANTHACK, R. A. D. (2001). Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura - florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,9(2), 261-268.

BARBOSA, J. M. P., FRANÇA, L. C. (2015). **Desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.) submetido às doses de calcário líquido e boro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Paragominas - PA, 2015.

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M. de A.; PEREIRA, R. de C.; MENDONÇA, A.V.R.; SILVA, L. da C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, v.29, p.671-679, 2005.

BASI, S.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; UENO, R. K.; SANDINI, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 219-234, 2011.

BENTO, A. Como fazer uma revisão da literatura: Considerações teóricas e práticas. **Revista JA** (Associação Acadêmica da Universidade da Madeira), nº 65, ano VII (pp. 42-44). ISSN: 1647-8975, 2012.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A., SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C. M.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2002. p. 61-77.

BERTUZZI, E.C. **Emergência de milho em função do tratamento das sementes com inseticida, fungicida e bioestimulante**. 2015.31f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2015.

BOEF, W. S. DE; THIJSSSEN, M.; STHAPIT, B. Participatory crop improvement in a context of community biodiversity management: Introduction. *In*: BOEF, W. S. DE; SUBEDI, A.; PERONI, N.; THIJSSSEN, M.; O'KEEFFE, E. **Community Biodiversity Management**. Abingdon: Routledge, 2013. Chap.5, p.219-232.

BONO, J. A. M. *et al.* Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Agrarian**, v. 1, n. 2, p. 91-102, 2008.

BORGES, C. S. **Interação fósforo-silício-flúor em materiais de solo oxidico e uso benéfico de subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados na soja**. 2018, 138 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

BRADY, N. C., WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2013.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho safrinha, in: **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de inverno**. Fundação MS, Maracaju-MS, 2009, p. 5-29.

BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V de; KULMANN, M. S. de S.; TAINARI, A.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; ROZNE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; DE CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K. de; BEM, B. P. de. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p.

CAETANO LCS, PREZOTTI LC, PACHECO BM, GUARÇONI RC. Soil chemical characteristics, biomass production and levels of nutrient and heavy metals in corn plants according to doses of steel slag and limestone. **Revista Ceres** v. 63, n. 6, p. 879-886, 2016

CAIRNS, J. E.; CROSSA, J.; ZAIDI, P. H.; GRUDLOYMA, P.; SANCHEZ, C.; ARAUS, J. L.; THAITAD, S.; MAKUMBI, D.; MAGOROKOSHO, C.; BÄNZIGER, M.; MENKIR, A.; HEARNE, S.; ATLIN, G. N. Identification of drought, heat, and combined drought

and heat tolerant donors in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.53, p.1335-1346, 2013.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.M.. **Magnésio**: um elemento esquecido na produção agrícola. *Informações Agronômicas*, nº 132, dez. 2010, p. 14-16.

CARMO, C. A. F. S. *et al.* **Métodos de Análise de Tecidos Vegetais Utilizados na Embrapa Solos**. Circular Técnica 6, 2000.

CARVALHO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; ATHAYDE, M. L. F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 239-244, 2001.

CHAGAS, M. C. **Diagnose visual e crescimento da cana-energia (*Saccharum spontaneum* L.) sob deficiência de N, P, K, Ca e S**. 2021 32 p, fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo.

CHAN, G. A. H. **Nitrogênio e fósforo na cultura de chia**. 2016, 87f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi

CHEN, L.; LIAO, H. Engineering crop nutrient efficiency for sustainable agriculture *Journal of Integrative Plant Biology.*, v. 59, n. 102, p. 710-735, 2017.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja doutor do seu milho**: nutrição e adubação. *Arquivo do agrônomo*, Piracicaba, nº 2, 1995.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2008. 10 p. (Circular Técnica 111).

COELHO M.; FRANÇA G. E. D. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. 2013.

COLOMBO, G.A.; VAZ-DE-MELO, A.; SOUZA, A.S.; SILVA, J.G.C. Combined capacity of corn hybrids for efficiency and response to phosphorus use phosphorus use. **Revista Agroambiental**. v. 10, n. 2, p. 121-131, 2018.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. Boletim da safra de grãos: primeiro levantamento, outubro 2020 – safra 2020/2021.: Brasília. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> . Acesso em: 09 de setembro de 2021.

CRUZ, S. C. S. *et al.* (2008). Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12(4):370-375, 2008.

DAMASCENO, A. P. A. B.; MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, D. C.; MELO, I. G. C.; DANTAS, D. C. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo “harper” fertirrigado com doses de N e K. *Caatinga*, v.25, p.137-146, 2012.

DJAMAN, K.; IRMAK, S.; MARTIN, D. L.; FERGUSON, R. B.; BERNARDS, M. L. Plant nutrient uptake and soil nutrient dynamics under full and limited irrigation and rainfed maize production. *Agronomy Journal*, v.105, p.527-538, 2013.

DOMINGUES, M.R.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SASSAKI, N. Doses de enxofre e de zinco na cultura do milho em dois sistemas de cultivo na recuperação de uma pastagem degradada. *Científica*, v.32, n.2, p.147-151, 2004.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. D. C.; CAMARGO, M. A. F. D.; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.3, 2003.

DUARTE, A. P.; GERAGE, A. C.; CECCON, G.; SILVA, V. A.; CRUZ, J. C.; BIANCO, R.; SOUZA, E. D.; PEREIRA, F. C.; SOARES FILHO, R. Milho Safrinha. In. CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 306-324.

DUETE, R.R.C. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1):161-171, 2008.

EDMEADES, G. O.; BÄNZIGER, M.; MICKELSON, H. R.; PENA-VALDIVIA, C. B. Developing drought and low N-tolerant maize. México: **CIMMYT**, 1996. 557p.

ELEMER, W. H.; DATNOFF, L. E. Mineral Nutrition and Suppression of Plant Disease. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, v. 4, 231–244, 2014.

EMBRAPA. **Cultivo de Milho**. Sistema de Produção 1, Brasil. 7.ed. Set. 2011. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/economia.htm Acesso em: 20 de outubro de 2021.

EMBRAPA. **Sistema de produção do milho**, 2012. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/plantio.htm Acesso em: 16 de setembro de 2021.

EMBRAPA, **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa**, Brasília, DF, 2011. 338 p. Disponível em: <file:///C:/Users/nuica/Downloads/500perguntasmilho.pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2021.

EMBRAPA. **Interpretação de Resultados de Análise Foliar**, Brasil. 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/252841/1/DOC200574.pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2021.

ELEMER, W. H.; DATNOFF, L. E. Mineral Nutrition and Suppression of Plant Disease. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, v. 4, 231–244, 2014.

EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas - Princípios e perspectivas. Tradução e notas de E. Malavolta. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos. Ed. S. A., 1975. 341 p.

EVANGELISTA, J.R.E.; OLIVEIRA, J.A.; BOTELHO, F.J.E.; CARVALHO, B.O.; VILELA, F.L.; OLIVEIRA, G.E. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de feijão oriundas de sementes tratadas com enraizante e nutrição mineral das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.especial, p.1664-1668.

FAO - Food and Agriculture Organization. Statistics division. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/> . Acessado em 5 de outubro de 2021.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical databases. Disponível em: <http://faostat.fao.org> . Acesso em: 16 de setembro de 2021.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2a.Ed. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura de milho. IPNI Brasil, Informações Agronômicas, nº131, setembro, 2010.

FARIA, M. V. **Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho**, 2014. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2014.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Ufla/Faepe, 2005. 186p.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. 600 p.

FERREIRA, M.M.M; Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agroambiente Online**. V.6, n.1. 2012.

FIORINI, I. V. A. **Resposta da cultura de milho a diferentes fontes de enxofre e formas de aplicação de micronutrientes**. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M.; SANTOS, G. R.; SILVA, R. R.; VELOSO, D. A. Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária**. Pernambuco., Recife, v. 19, n. 2, p. 59-64, jul. /Dez, 2014.

FIDELIS, R.R. GONZAGA, L.A.M.; SILVA, R.R. da; ANDRADE, C.A.O. de; Desempenho produtivo e nutricional de sorgo forrageiro consorciado com soja em doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae: a horticulture jornal**, v. 7, n. 2, p. 204-208, 2016.

FINK, J. R., N, A. V., BAYER, C., TORRENT, J.; BARRÓN, V. Mineralização e adsorção de fósforo em solos sob preparo conversional e plantio direto nas regiões sul e centro oeste do Brasil. **Acta Scientiarum**, Maringá, 36 (3), 379-387, 2014.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Funep. 2007.

FREITAS, J. B.; SANTOS, T. S.; FERNANDES JÚNIOR, J. V. M.; ALMEIDA, M. L.; ALMEIDA, M. R.; **A teoria de filière aplicada à cadeia produtiva do milho em assentamento rural no Nordeste do Brasil**. VIII – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – 2011.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GITTI, D. C. Manejo da adubação do milho safrinha, in: **Tecnologia e Produção: Milho safrinha**. Fundação MS, Maracaju-MS, 2014.

GONDIM, A. R. D. O.; PRADO, R. M.; FONSECA, I. M.; ALVES, A. U. Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. *Ceres*, Viçosa, v. 63, n. 5 2016.

GONÇALVES, J.L.M.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; RIBEIRO, A.C. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.13-24, 1989.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1053-1057, 2006.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M. X.; SANTOS, L. P. D.; NUNES, P. H. M. P.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1110–1115, 2014.

GOTO, R.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: Folegatti, M. V.; Casarini, E.; Blanco, F. F.; Brasil, R. P. C.; Resende, R. S. (coord.). **Fertirrigação: Flores, frutas e hortaliças**, Guaíba: Agropecuária, v.2, p.241-268, 2001.

HECKMAN, J. R. Sweet Corn Nutrient Uptake and Removal. *Hort technology*. New Brunswick, v. 17, n. 1, 2007.

HEUER, S., GAXIOLA, R., SCHILLING, HERRERA-ESTRELLA, L., LOPEZ-ARREDONDO, D., WISSUWA, M., DELHAIZE. ROUACHED, H. Improving phosphorus use efficiency: a complex trait with emerging opportunities. **The Plant Journal**, 90(5)868–885, 2017.

HIRZEL, J.; UNDURRAGA, P. Nutritional management of cereals cropped under irrigation conditions. **Crop Production**, v. 3 n. 12, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/56095>.

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Relação entre atributos de solos e oxidação de enxofre elementar em quarenta e duas amostras de solos do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, n.1, p.455-463, 2007.

IFIA. 2016. International Fertilizer Industry Association. Fertilizer use by crop. 5.ed. Paris: IFA. Disponível em: <http://www.fertilizer.org> . Acesso em: 05 de outubro de 2021

INTERNACIONAL POTASH INTITUTE: Potassium dynamics in the soil. disponível em: www.ipipotash.org/slides/kdits1.html. 2002. Acessado em 15 de outubro de 2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change: Synthesis report. In: Team, C. W.; Pachauri, R. K.; Meyer, L. A. (eds.). **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2014. Chap.3, p.75-91.

JIA, X.; SHAO, L.; LIU, P.; ZHAO, B.; GU, L.; DONG, S.; BING, S. H.; ZHANG, J.; ZHAO, B. Effect of different nitrogen and irrigation treatments on yield and nitrate leaching of summer maize (*Zea mays* L.) under lysimeter conditions. **Agricultural Water Management**, v.137, p.92-103, 2014.

JOHNSTON, A.E.; GOULDING, W. T. The use of plant and soil analysis to predict the ksupplying capacity of soil. proceedings og the development of k-fertilizer recommendations. **Switzerland: International Potash Institute**. Basel. 177 – 204. 1990.

KLAUS, B. **Cálcio nos solos e nas plantas**. Reserarch Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. Informações agrônômicas, n. 117, 2007.

KRISTENSEN, H.L.; DEBOSZ, K; McCARTY, G.W. Sort-term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, p.979-986, 2003.

LADHA,J.K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C.K.; CASSMAN, K.G.; VERMA, S.; POWLSON, D.S.; VAN KESSEL, C.; RICHTER, D.B.; CHAKRABORTY, D.; PATHAK, H. Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. **Scientific reports**, London, v. 6, p. 19355, 2016.

LARA CABEZAS, W.A.R. Imobilização do nitrogênio na cultura do milho após a aplicação em pré e pós-semeadura da uréia e sulfato de amônio. **Revista Plantio Direto**, p.14-20, 2001.

LEAL, A. J. F.; VALDERRAMA, M.; LANEKO, F. H.; LEAL, U. A. S.; PERIN, A.; LUCHESE, K. U. O. Produtividade da soja de acordo com diferentes doses de cloreto

de potássio revestido ou não com polímeros. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p.19-30, 2015.

LIAO, Y.L. LU, Y.H. XIE, J. YANG, Z.P. ZHOU, X. NIE, J. **Effects of LongTerm Application of K Fertilizer and Rice Straw on Yields, Crop K Uptake, and Soil K Supply Capacity in Double Rice Cropping Systems on Reddish Paddy Soils**. IPI-International Potash Institute 1:1- 10. 2018.

LORENZETTI, E., TARTARO, J., STANGARLIN, J. R., KUHN, O. J.. Agronomic characters and disease management in second season corn using calcium, copper, manganese and zinc products. **Ciência e agrotecnologia**, 44. 2020

MACIEL, L. C.; SANTOS, W. F.; PELUZIO, J. M.; FERREIRA JUNIOR, O. J.; BARBOSA, A. S.; SILVA, R. M.; SODRÉ, L. F.; OLIVEIRA, M. Agronomic Performance of Corn Cultivars as a Function of Phosphorus Use. **Annual Research and Review in Biology**. v.35, n.6, p.99-108, 2020.

MAGALHÃES, A. G. **Desenvolvimento e produção do milho e alterações químicas em diferentes solos com aplicação de manipueira**. Recife: UFRPE, 2013. 100p. Tese Doutorado.

MAGALHÃES, W. de A., MEGAIOLI, T. G., FREDDI, O. da S., SANTOS, M. A. dos. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de ciências agroambientais**, 13(2). 2016.

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

MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional. in: MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980, p. 219-251.

MALAVOLTA, E. Funções dos macros e micronutrientes. in: **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. p. 126-402.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed., Londrina: ABRATES, 2015, 660p

MARTÍN, A. J.; NETCOFF, R. Fertilización em Maíz. Experiencia en Chivilcoy. Proyecto fertilizar INTA. **Revista Maíz**, Rosário. 2003.

MARTINS, D.C.; BORGES, I.D.; CRUZ, J.C.; MARTINS NETTO, D.C. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes, fertilizantes líquidos e Azospirillum sp. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p.217-228, 2016.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. academic press, London. 2012.

MAŽEIKA, R.; ARBAČIAUSKAS, J.; MASEVIČIENĖ, A.; NARUTYTĖ, I.; ŠUMSKIS, D.; ŽIČKIENĖ, L.; RAINYS, K.; DRAPANAUŠKAITE, D.; STAUGAITIS, G.; BALTRUSAITIS, J. Nutrient dynamics and plant response in soil to organic chicken manure-based fertilizers. **Waste and Biomass Valorization**, 12: 371–382. 2021.

MEIRELLES, L. R.; RUPP, L. C. D. **Biodiversidade**: Passado, presente e futuro da humanidade. Brasília: MMA, 2006. 85p.

MEIRELLES, W.F.; PARENTONI, S.N.; GUIMARÃES, L.J.M.; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; *et al.* Diallel analysis of maize lines as to their phosphorus responsiveness and use efficiency. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 224-232, 2016.

MELO, F de B *et al.* **Recomendação de adubações nitrogenada e potássica nas produtividades técnica e econômica de milho** - Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2021.

MELO, F. B.; CORÁ, J. E.; CARDOSO, M. J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 27-31, 2011.

MELO, V. F.; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L. F. S. **Reserva mineral do solo**. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). Química e mineralogia do solo: conceitos básicos. Viçosa, MG: SBCS, v. 1, p. 251-332, 2009.

MENDES, M.C.; WALTER, A.L.B.; POSSATO JUNIOR, O.; RIZZARDI, D.A.; SCHLOSSER, J. e SZEUCZUK, K. Dose de nitrogênio associado a enxofre elementar em cobertura na cultura do milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, v.13, n.1, p.96-106, 2014.

MENEGHETTI, L. A. M., *et al.* **Relação cálcio e magnésio em alfafa cultivada em casa de vegetação**. TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2019. 45 f

MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; VIEIRA JUNIOR, V. D.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 55-59, 2018.

MENEZES, E. S de. **Alterações do nitrogênio e dos nutrientes em solo cultivado com plantas de cobertura e milho em sucessão**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 48 páginas.

MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; VIEIRA JUNIOR, V. D.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 3, p. 55-59, jul./set. 2018.

MENDES, A. M. S.; **Introdução a fertilidade do solo**. Embrapa SEMI-ÁRIDO 2010.

MENDES, S. de C. *et al.* Absorção e distribuição de nutrientes em plantios comerciais de bambu (*Bambusa vulgaris*) no nordeste do Brasil. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 991-999, 2010.

MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, 17:377-382, 1993.

MIFLIN, B.J., LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v.15, p.873-885, 1976.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. **Adubação de enxofre para a cultura do milho, sob plantio convencional e direto em solo do cerrado**. Planaltina: Embrapa, 2008. (Comunicado técnico, 143).

MITSIOS, I. K.; ROWELL, D. L. Plant uptake of exchangeable and nonexchangeable potassium. I. Measurement and modelling for onions roots in chalky boulder clay soil. **Journal of Soil Science**. 38:55-63, 1987.

MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; OLIVEIRA, P. P. A. **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 40 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 67).

MOREIRA, V. O. G. **Aplicação de zinco e boro em milho cultivado em CAMBISSOLO da chapada do Apodi-CE**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2017.

NASCIMENTO, F.M. *et al.* Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.67-86, 2012.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C. Amostragem de folhas e interpretação dos resultados para o diagnóstico nutricional de plantas de oliveiras cultivadas no Brasil. **PERSPECTIVA (EREXIM)**, v. 41, p. 115-131, 2017.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N.; FÓSFORO. IN: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.471-537, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

OKUMURA, R. S.; TAKAHASHI, H. W.; SANTOS, D. G. C.; LOBATO, A. K. S.; MARIANO, D. C.; MARQUES, O. J.; SILVA, M. H. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; LIMA JR., J. A. Influence of different nitrogen levels on growth and production parameters in maize plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3-4, p. 510-514, 2011.

OLIVEIRA, M.A.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, AS.; DOMINGUES, A.R.; SPOLAOR, L.T.; NEVES, C.S.V.J. Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônomico do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n.1. 2015.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E. *et al.* Potássio em cobertura no milho e efeito residual na soja em sucessão. **Revista Agro@ambiente. On-line**, v. 10, n. 3, p.193-200. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho no Brasil**: A dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 223).

PEREIRA, L. M., PEREIRA, E. M., REVOLTI, L. T. M., ZINGARETTI, S. M, MÔRO, G. V. Qualidade de semente, índice de conteúdo de clorofila e teor nitrogênio foliar em milho inoculado com *Azospirillum brasilense*. **Ciência Agronômica**, 46(3), 2015.

PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p.157-173, 2009.

PINTO, F.P. **Sorção e Dessorção de Fósforo em Solos de Cerrado**. 2012, 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Federal de Goiás, Campus de Jataí, Jataí –GO, 2012.

PRIMO, D.C. *et al.* Biomassa e extração de nutrientes pelo milho submetido a diferentes manejos de adubos orgânicos na região semiárida. **Scientia Plena**, 7(8):18, 2011.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeitos de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.763-770, 1994.

PUGA, A. P., DE MELLO PRADO, R., MATTIUZ, B. H., DO VALE, D. W., FONSECA, I. M. Chemical composition of corn and sorghum grains cultivated in oxisol with different application methods and doses of zinc. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, 40(1), 97-108. 2013

QUEMADA, M.; GABRIEL, J. L. Approaches for increasing nitrogen and water use efficiency simultaneously. **Global Food Security**, v.9, p.29-35, 2016.

RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAMIREZ, A. Monitoramento e diagnose nutricional em Plantações de eucalipto. 2018. Disponível em: <http://www.rragroflorestal.com.br/images/downloads/117.pdf>
Acesso em: 20 de outubro de 2021

RAO, S. C.; KHERA, M. S. Potassium replenishment capacity of soil at their minimal exchangeable k in relations to clay mineralogy. **Z. Pflanz.** 157:467-470, 1994.

RICE, C.W.; SMITH, M.S. Short-term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.48, p.295-297, 1984

ROBERTSON, G. P.; GROFFMAN, P. Nitrogen transformations. In: PAUL, E. A. Soil Microbiology, Biochemistry and Ecology. New York: **Springer**, 2007. p. 341-364

RODRIGUES, F. J.; BARCAROL, M. A.; ADAMS, C. R.; KLEIN, C.; BERWANGER, A. L. Eficiência Agronômica da Cultura do Milho Sob Diferentes Fontes de Nitrogênio em Cobertura. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 2, p.66-70, 2018.

ROSCOE, R; MIRANDA, R. DE A, S. **Manejo da Adubação do Milho Safrinha**. Fundação MS. 2013.

ROSOLEM, C. A.; ASSIS, J. S.; SANTIAGO, A. D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, p. 2491-2499, 1994.

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; NATALE, W. Manejo da fertilidade do solo em pomares de frutíferas. **Informações agronômicas**. 160: 16-29. 2017.

RODRIGUES, M. A. C.; BUZETTI, S.; FILHO, M. C. M. T.; GARCIA, C. M. P.; ADREOTTI, M. **Adubação com KCL revestido na cultura do milho no Cerrado**. Campina Grande, PB: Ver. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.2 p.127-133, 2014.

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Anais do Simpósio sobre Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2004. 726p.

SANTOS, F. D. dos FANTINEL, R. A., WEILER, E. B., CRUZ, J. C. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica**, 25(2), 272-278. 2021.

SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; XAVIER, D.A.; CAVALCANTE, L.F.; CENTENO, C.R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.1, p.86-96, 2016.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Vol. 38, p576-586, 2008.

SANTOS, E. A. **Influência da aplicação de cálcio e boro em pré e pós-floração sobre os componentes de produção e na produtividade de soja**. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

SANTINATO, F.; SANTINATO, R.; MATIELLO, J. B. **Ekosil, nova fonte de potássio em lavoura de café**. In: 43º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Anais 434. Poços de Caldas MG, 2017.

SENGIK, E.S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. Maringá: Nupel UEM, 2003.

SILVA, G. *et al.* Growth, nutrient accumulation and nutritional efficiency of sunn hemp in function of nutrient omission. **African Journal of Agricultural Research**, 2016.

SILVA, M.R. *et al.* **Modelagem e a adubação NPK na cultura do milho para silagem e grãos**. In: T.N. Martin, A.J. Waclawovsky, F. Kuss, A.S. Mendes e Brun, E.J. (Org.). Sistemas de Produção Agropecuária (pp. 152176) Dois Vizinhos: UTFPR, 2010.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E. B.; PAVINATO, A. Estabelecimento e avaliação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.93-99, 2009.

SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E., SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:353-362, 2005.

SILVA, D.J.; VENEGAS, V.H.A.; RUIZ, H.A. SANTANNA, R. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.715-721, 2003.

SIMÃO, E. P. **Características agrônômicas e nutrição do milho safrinha em função de épocas de semeadura e adubação**. 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, 2016.

SPARKS, D. L.; HUANG, P. M. Physical chemistry of soil potassium. in: MUNSON, R. D. ed. **Potassium in agriculture**. Mardison: american society of agronomy, p. 201-276. 1985.

SOBRAL, LF, ANJOS, J. L. dos. **Produtividade de milho influenciada pelo zinco em solos do agreste de Sergipe**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) (2017).

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 254p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; *et al.* **Cerrado correção do solo e adubação**. 2ª Edição, Embrapa informações tecnológicas, Brasília-DF, 2004

SRINIVASARAO, C.; SINGH, R.N.; GANESHAMURTHY, A.N.; GHANSHAM, S. & MASOOD, A. Fixation and recovery of added phosphorus and potassium in different soil types of pulse-growing regions of India. **Communications in Soil Science and Plant Analysis.**, 38:449-460, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A.; **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** 6. ed. 2017, p.858.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2004). **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto alegre: Artmed. pp. 719.

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, C. J. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. Ilha Solteira, SP: **Revista Brasileira de Milho e Sorgo.** v.13, n.2, p. 154-161. 2014.

TEIXEIRA, E. I.; GEORGE, M.; HERREMAN, T.; BROWN, H.; FLETCHER, A.; CHAKWIZIRA, E.; MALEY, S.; NOBLE, A. The impact of water and nitrogen limitation on maize biomass and resource-use efficiencies for radiation, water and nitrogen. **Field Crops Research**, v.168, p.109-118, 2014.

TORRES, G. N., CAMARGOS, S. L., WEBER, O. L. D. S., MAAS, K. D. B., SCARAMUZZA, W. L., PEREIRA, M. Growth and micronutrient concentration in maize plants under nickel and lime applications. **Revista Caatinga**, 29, 796-804. 2016.

TOUCHTON, J.T.; HARGROVE, W.L. Nitrogen sources and methods of application for no-tillage corn production. **Agronomy Journal**, v.74, p.823-826, 1982.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S; BENET, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VIEIRA, R. F.. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas.** Brasília, DF : Embrapa, 2017. 163 p.

VIEIRA, C. R.; DOS SANTOS W.; OSCARLINA, L.; SCARAMUZZA, J. F. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento de mudas de mogno africano. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 2, n. 3, p. 72-83, 2014.

VIEIRA R.F, PAULA JÚNIOR T.J, CARNEIRO J.E.S., QUEIROZ M.V. Genotypic variability in seed accumulation of foliar-applied molybdenum to common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:205-213, 2014.

VILELA, L. *et al.* Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138. 2011.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. C.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. Disponível em: <http://ag20.cnpia.embrapa.br/Repositorio/Anais_Godofredo_Cesar_Vitti_000fizug9hp02wyiv802hvm3j0am3m2k.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2021.

WANG, Y.; JANZ, B.; ENGEDAL, T.; NEERGAARD, A. DE. Effect of irrigation regimes and nitrogen rates on water use efficiency and nitrogen uptake in maize. **Agricultural Water Management**, v.179, p.271- 276, 2017.

WARAICH, E. A. *et al.* Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 764-777, 2011.

WHIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, p.38-42, 2000.

WIEND, T. Palestra: Magnésio no solo e nas plantas. Potabrazil, São Paulo, SP. **Informações Agronômicas**. nº 117, Março, 2007.

ZUCARELI, C., PANOFF, B., PORTUGAL, G, FONSECA, I. N. C. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, 34(3), 480-487, 2012.