

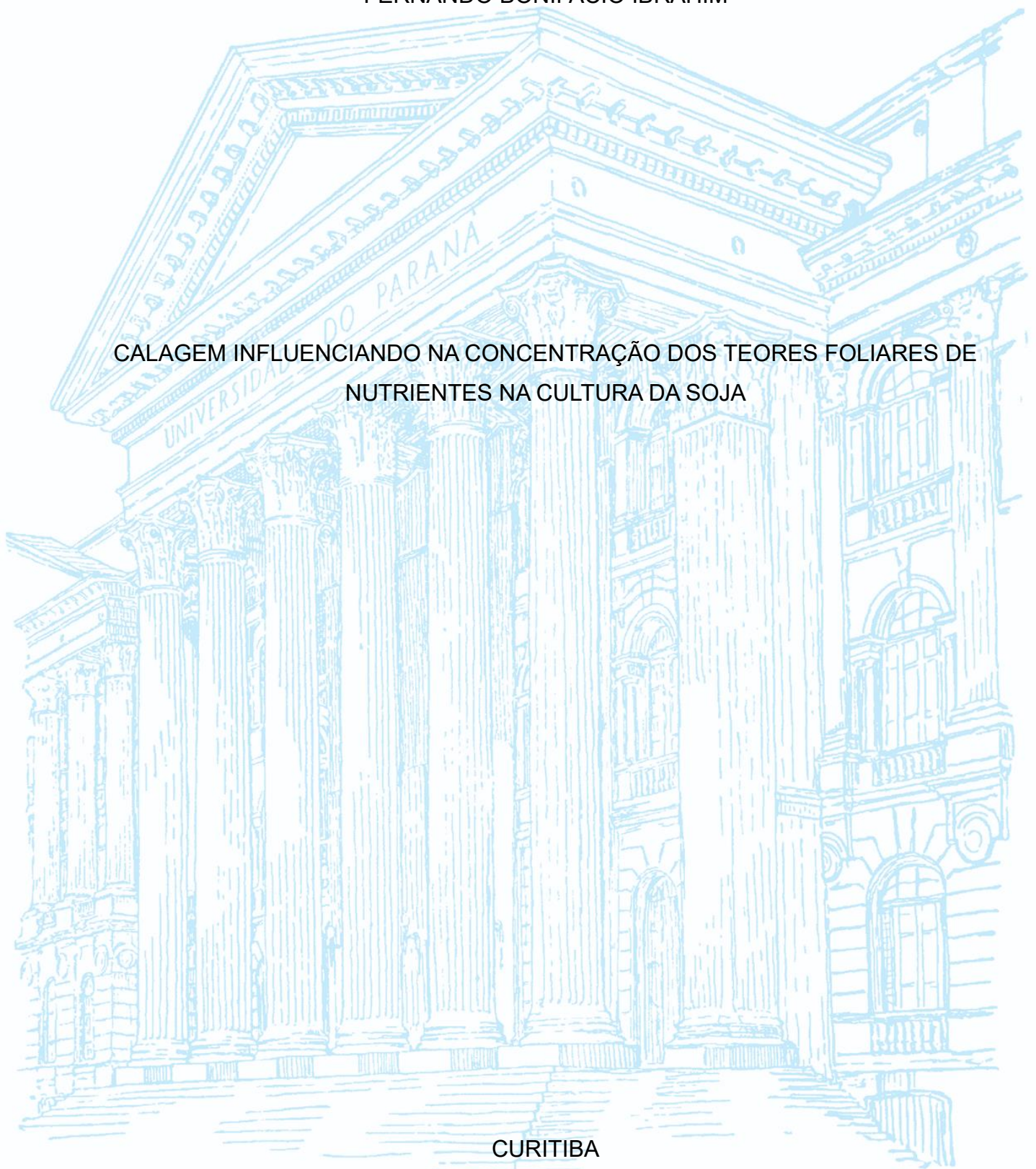
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO BONIFACIO IBRAHIM

CALAGEM INFLUENCIANDO NA CONCENTRAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE  
NUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

CURITIBA

2024



FERNANDO BONIFACIO IBRAHIM

CALAGEM INFLUENCIANDO NA CONCENTRAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE  
NUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

TCC apresentado ao Curso de graduação em agronomia, Setor de ciências agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Vargas Motta

CURITIBA

2024

## TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDO BONIFACIO IBRAHIM

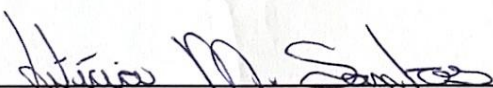
### EFEITO DA CALAGEM NA CONCENTRAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

TCC apresentado ao Curso de Graduação em agronomia, Setor de Setor de ciências agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em agronomia.

  
\_\_\_\_\_

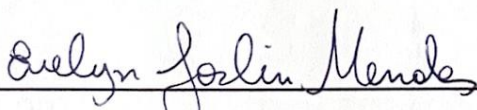
Prof. Dr. Antônio Carlos Vargas Motta

Orientador – Departamento de solos e engenharia agrícola – UFPR

  
\_\_\_\_\_

Msc. Letícia Machado dos Santos

Departamento de solos e engenharia agrícola – UFPR

  
\_\_\_\_\_

Eng. Agrônoma. Evelyn Joslin Mendes

Departamento de solos e engenharia agrícola – UFPR

Curitiba, 16 de dezembro de 2024.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela condução durante toda a minha vida assim como pela saúde e forças para a realização desse trabalho.

Minha profunda gratidão ao meu orientador Antônio Carlos Vargas Motta, pela orientação dedicada e paciente ao longo deste trabalho. Seus conhecimentos, confiança e apoio constante foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores que, ao longo dessa jornada, contribuíram significativamente para a minha formação. Cada um deles desempenhou papel fundamental na construção do meu conhecimento.

A minha família, obrigado por acreditarem nos meus sonhos e estarem ao meu lado em cada passo dessa jornada. Amo muito vocês.

Agradeço a Emanuelle Vasconcelos Gois, que esteve presente ao meu lado durante toda a elaboração deste trabalho. A todos os presentes que estão lendo os agradecimentos, agradeço também pelo tempo dedicado a esta leitura.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o efeito da calagem e do aumento do pH nos teores de nutrientes nas folhas de soja. A pesquisa seguiu o protocolo PRISMA 2020 (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises). Foram realizadas duas buscas no Google Acadêmico, uma com palavras-chave em português e outra em inglês, resultando em um total de 2.000 artigos filtrados, dos quais 13 foram selecionados e incluídos na análise. A aplicação de calcário e o aumento do pH levaram predominantemente a um aumento nos teores de macronutrientes primários e secundários. A variação para os macronutrientes primários foi pequena (N: -6,62% a +17,92%; P: -18,92% a +27,19%; K: -8,70% a +17,91%; S: -24,24% a +29,06%), enquanto cálcio (Ca: -10,59% a +48,59%) e magnésio (Mg: -17,54% a +80%) apresentaram maiores variações, provavelmente devido ao efeito direto da calagem nas propriedades do solo e na absorção pela planta. Com relação aos micronutrientes, o manganês (Mn) foi o mais sensível ao aumento do pH do solo, apresentando decréscimos significativos na maioria dos tratamentos, com uma variação de -67% a +38,03% e uma redução média de 22,61% nos teores foliares. Além disso, foram observados decréscimos nos teores de zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe), que se classificaram como o 2º, 3º, 4º e 5º elementos com as maiores reduções nos teores foliares, respectivamente. O predomínio da redução nos teores de B contrasta com o que é comumente relatado na literatura para este nutriente.

Palavras-chave: Calagem. Soja. Estado Nutricional. Folha. Elevação do pH.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to determine the effect of liming and pH increase on the nutrient levels in soybean leaves. The research followed the PRISMA 2020 protocol (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Two searches were conducted on Google Scholar, one using keywords in Portuguese and the other in English, resulting in a total of 2,000 filtered articles, of which 13 were selected and included in the analysis. The application of lime and the increase in pH predominantly led to an increase in primary and secondary macronutrient levels. The variation for primary macronutrients was small (N: -6.62% to +17.92%; P: -18.92% to +27.19%; K: -8.70% to +17.91%; S: -24.24% to +29.06%), while calcium (Ca: -10.59% to +48.59%) and magnesium (Mg: -17.54% to +80%) showed greater variations, likely due to the direct effect of liming on soil properties and plant absorption. Regarding micronutrients, the micronutrient manganese (Mn) was the most sensitive to soil pH increases, showing significant decreases in most treatments, with a variation range from -67% to +38.03% and an average reduction of 22.61% in foliar levels. Additionally, decreases were observed in zinc (Zn), boron (B), copper (Cu), and iron (Fe), which ranked as the 2nd, 3rd, 4th, and 5th elements with the highest reductions in foliar levels, respectively. The predominant decrease in B levels contrasts with what is commonly reported in the literature for this nutrient.

**Keywords:** Liming. Soybean. Nutritional Status. Leaf. pH elevation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da produtividade da soja. ....	15
Figura 2. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de N na soja .....	17
Figura 3. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de P na soja. ....	19
Figura 4. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de K na soja. ....	21
Figura 5. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de Ca na soja. ....	23
Figura 6. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de Mg na soja.....	25
Figura 7. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de S na soja. ....	27
Figura 8. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de Mn na soja.....	29
Figura 9. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de Zn na soja. ....	32
Figura 10. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de Cu na soja. ....	34
Figura 11. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de Fe na soja. ....	36
Figura 12. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de B na soja. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	15
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	16
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	18
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	20
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	22
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	24
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	26
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	28
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	31
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	33
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	35
Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.....	37
Tabela 2. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de macronutrientes na soja.....	40
Tabela 3. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de aumento da concentração foliar de micronutrientes e produtividade na soja.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

B – Boro.

Ca – Cálcio.

Cu – Cobre.

Fe – Ferro.

K – Potássio.

Mg – Magnésio.

Mn – Manganês.

Mo – Molibdênio.

N – Nitrogênio.

nr – Tratamentos sem resultado de significância apresentado no artigo.

ns – Tratamentos não significativos.

P – Fósforo.

S – Enxofre.

s – Tratamentos significativos.

TRAT. - Tratamentos

Zn – Zinco.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>14</b>
3.1	PRODUTIVIDADE .....	14
3.2	TEOR DE N NA FOLHA .....	16
3.3	TEOR DE P NA FOLHA .....	18
3.4	TEOR DE K NA FOLHA .....	19
3.5	TEOR DE Ca NA FOLHA .....	22
3.6	TEOR DE Mg NA FOLHA .....	23
3.7	TEOR DE S NA FOLHA .....	25
3.8	TEOR DE Mn NA FOLHA .....	28
3.9	TEOR DE Zn NA FOLHA .....	30
3.10	TEOR DE Cu NA FOLHA .....	33
3.11	TEOR DE Fe NA FOLHA .....	35
3.12	TEOR DE B NA FOLHA .....	36
3.13	TABELAS DE COMPARAÇÕES .....	39
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>42</b>
4.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	42
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A calagem é ferramenta importante para a elevação do pH (RAIJ et al., 1977) e fornecimento de Ca e Mg nos solos tropicais (MASCARENHAS et al., 1976), se tornando uma prática indispensável para a obtenção de altas produtividades em solos ácidos (PEARSON, 1975). A elevação do pH causa diferentes reações no solo, podendo apresentar benefícios químicos, físicos e biológicos (FAGERIA, BARBOSA FILHO, 2003).

Contudo, decréscimo na produtividade devido a dose elevada de calagem vem sendo atribuída a carência nutricional de micronutrientes (Mn, Zn, Cu e Fe), a ocorrência de deficiência de Mn nestas áreas apontam para uma grande sensibilidade deste elemento em relação aos demais (ROSOLEM e NAKAGAWA, 1990; TANAKA et al., 1992).

Apesar de serem requeridos em menor quantidade, os micronutrientes têm à mesma importância dos macronutrientes para a nutrição de plantas (ROMHELD, KIRKBY, 2007). Esses micronutrientes estão ligados a ativação e constituição de enzimas, transporte de elétrons, crescimento reprodutivo, tolerância ao estresse e até mesmo na constituição de paredes celulares e membranas (ROMHELD, KIRKBY, 2007).

Entre os benefícios químicos da calagem, além do aumento do Ca e Mg anteriormente apontado, podemos citar a redução da acidez do solo, redução de elementos tóxicos como o  $Al^{3+}$  e o excesso de  $Mn^{2+}$  (MASCARENHAS et al., 1982), e o aumento da disponibilidade de alguns nutrientes como N, P, K, S, B, Cl e Mo (MALAVOLTA, 1980).

Em contrapartida, a elevação do pH a partir de um solo muito ácido pode reduzir a disponibilidade de alguns elementos como o Mn, Zn, Cu e Fe (MALAVOLTA, 1980), sendo que o decréscimo na concentração é colocado como seja na mesma proporção.

Esses micronutrientes, em sua forma catiônica, reagem com o ânion hidroxila em solução e formam precipitados de hidróxidos (MONTEZANO, 2009). Mudanças das formas mais disponíveis para menos disponíveis também tem sido observado quando da calagem do solo para os mesmos elementos (Sims, 1986)

Alleoni, Cambri e Caires (2005), observaram que a realização da calagem em superfície reduziu a disponibilidade Mn e Fe no solo até a profundidade de 10cm.

Quando incorporado, reduziu os teores até 20cm de profundidade, porém os teores ainda continuaram acima dos limites considerados baixos (ALLEONI et al., 2005).

O efeito da calagem se faz refletir na concentração no tecido foliar, Veronese (2011) constatou reduções nos teores de Mn, Zn e Cu na cultura da soja, porém, a redução dos teores também não foi suficiente para levá-los a níveis inferiores do que médio ou suficiente, de acordo com a tabela de concentração de nutrientes usada para interpretação de resultados das análises de folha de soja (EMBRAPA, 1985).

Já, Miranda et. al (2005) notou decréscimo nos teores foliares de Mn e Cu nos tratamentos com calagem em relação ao tratamento testemunha (sem calagem). Em contraste, Tissi, Caires e Pauletti (2004), notaram que os teores de Cu, Fe, Mn, e Zn não foram alterados com a calagem em superfície, tanto no solo quanto no tecido foliar para a cultura do milho.

Deste modo, os resultados apresentados em diferentes culturas e solos podem diferenciar dos normalmente considerados, de modo genérico, em relação da calagem versus concentração de nutrientes no tecido foliar.

As mudanças na nutrição da planta em função da calagem não podem ser vistas apenas sobre as mudanças químicas do solo, visto que aspectos físicos como favorecimento da agregação, tornando o solo mais arejado e poroso, possibilitando melhor desenvolvimento das plantas também são constatados (VELOSO et. al, 2020).

Do mesmo modo, mudanças na microbiologia do solo com a calagem devem ser consideradas, principalmente para a leguminosas uma vez que a calagem em solos muito ácidos pode favorecer a nodulação de soja, por exemplo, mostrando aumento da atividade da nitrogenase, produção de biomassa seca e acúmulo de nitrogênio na parte aérea da soja (SILVA et. al, 2002). Além disso, o pH é um dos atributos edáficos que limita a presença de microrganismos no solo (BROCKWELL et al., 1991, apud LEAL et. al, 2021).

Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de calcário, aplicadas em superfície ou em profundidade, na variação do pH e nos teores de nutrientes na folha de soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo seguido para elaboração deste trabalho foi o PRISMA 2020 (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises). O método foi adotado por se tratar de uma ferramenta que melhora e uniformiza o relato de revisões sistemáticas e meta-análises.

Para a busca de dados foi utilizado o Google Acadêmico, filtrando apenas resultados no Brasil. O período pesquisado foi de 1995 até o momento atual (2024), onde foram inseridos os seguintes termos chave: "Calagem", "soja", disponibilidade, "análise", "nutrientes", "folha", estado nutricional, "Liming", "soybean", availability, "analysis", "nutrients", "leaf", nutritional status, "pH".

Como o google acadêmico limita a visualização ao máximo de mil artigos, foram realizadas duas pesquisas, uma utilizando os termos em inglês e uma em português. Após a pesquisa, os dois mil artigos passaram por uma triagem, sendo selecionado todo artigo relacionado a calagem e disponibilidade de micronutrientes na cultura da soja.

Os artigos restantes foram submetidos a um estudo de elegibilidade, onde 13 foram incluídos ao trabalho final. Os dados obtidos nos 13 artigos foram copiados e inseridos manualmente em uma planilha, a qual foi submetida a análise estatística para validação dos resultados gerados.

Como poucos trabalhos tinham as informações necessárias para serem considerados elegíveis, grande parte dos dados obtidos foram gerados por poucos pesquisadores. Sendo assim, muitas das publicações analisadas foram obtidos no mesmo campo experimental ou universidade, tendo semelhanças de solo ou até mesmo sendo do mesmo autor ou orientador.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 PRODUTIVIDADE

Foram elegidos 13 artigos, somando-se 57 tratamentos ao todo, sem levar em consideração as testemunhas. Na tabela 1 serão apresentados os dados para todos os artigos analisados, onde podemos ver o número de artigos, tratamentos (TRAT.), e se houve acréscimo, decréscimo ou ausência de efeito (SEM EFEITO) das interações. Podemos ver também o número de tratamentos significativos (s), não significativos (ns) e sem resultado de significância apresentada no artigo (sr).

A produção de grãos de soja dos 13 artigos avaliados indicou que houve, na média, 16,09% de acréscimo na produtividade com a aplicação de calcário, variando de - 5,22% a + 49,23%. 10 artigos apresentaram resultados de produção de grãos, somando-se 36 tratamentos, dos quais 33 mostraram acréscimos de produtividade em relação a testemunha sem calagem e, apenas 3, tiveram produtividades inferiores a testemunha (Tabela 1). Nenhuma das 3 respostas negativas apresentou diferença estatística significativa em relação à testemunha.

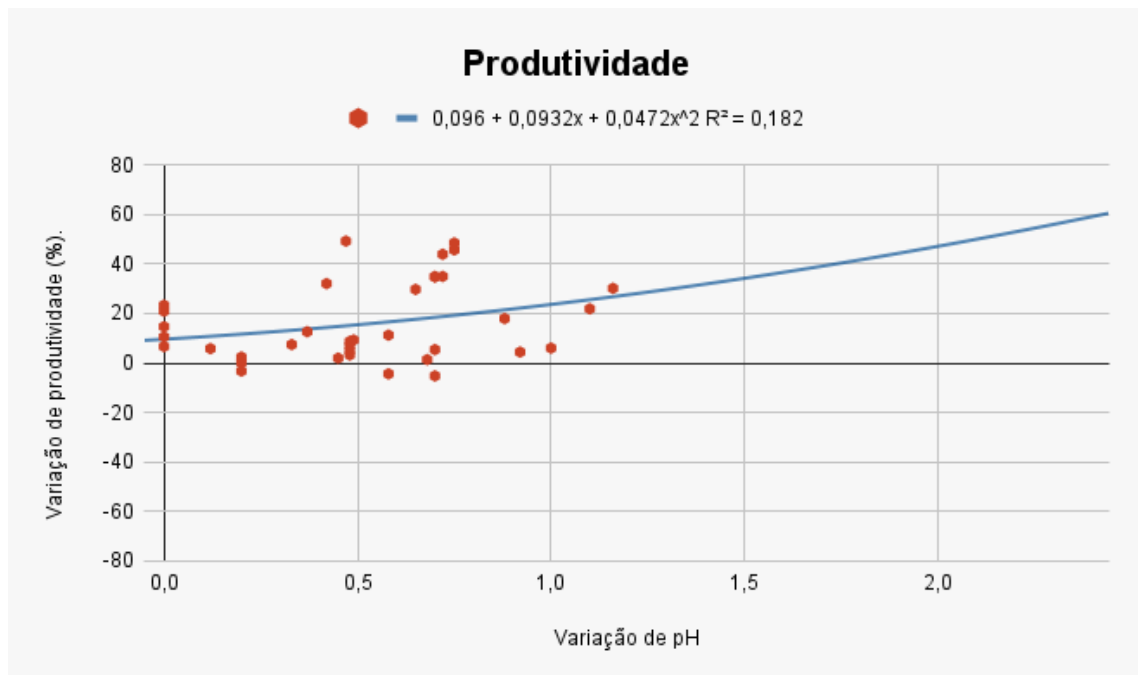
A relação entre aumento do pH e produtividade apresentada na figura 1, indica uma baixa aderência dos dados, ou seja, não foi observado uma relação entre pH x produtividade. Ainda, mesmo sem variação no pH foi possível verificar um aumento da produtividade.

*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

*Figura 1. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem de variação da produtividade da soja.*



Fonte: Elaboração própria

Segundo Fageria e Barbosa Filho (2003), o ganho de produtividade é esperado na maior parte dos casos devido aos benefícios químicos, físicos e biológicos que a calagem pode gerar. Porém, em casos de excesso de elevação do pH, onde o pH em  $\text{CaCl}_2$  chega a ser básico, ou no caso de os micronutrientes serem fator limitante para a produção do local, podemos esperar resultados negativos de produtividade (CARNEIRO, 2018).

### 3.2 TEOR DE N NA FOLHA

Para os teores de N na folha, 11 artigos apresentaram os resultados, somando-se 46 tratamentos. Dos 46 tratamentos, 35 apresentaram respostas positivas e 11 negativas, novamente nenhuma das respostas negativas foi estatisticamente significativa, sendo que 11 das respostas positivas foram significativas estatisticamente.

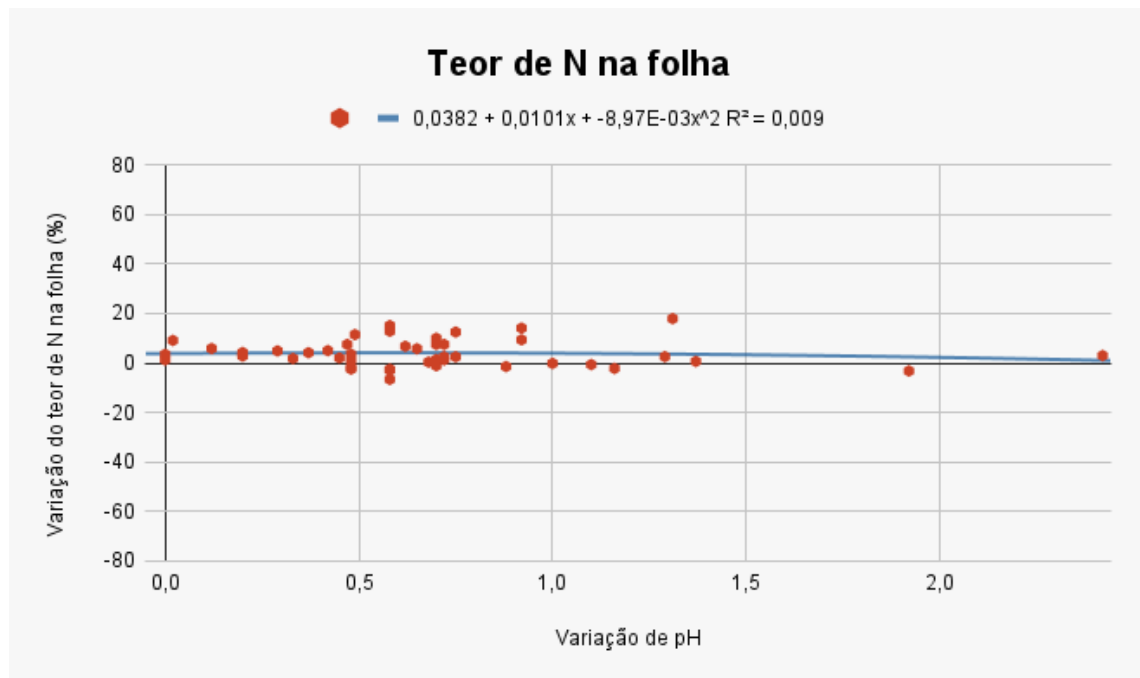
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de N (Figura 2).

*Figura 2. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de N na soja*



Fonte: Elaboração própria

Apesar de numericamente o teor de N ter caído em aproximadamente 24% dos tratamentos, essas quedas foram muito tímidas e nenhuma estatisticamente significativa, o que corrobora com os resultados da literatura de melhor disponibilidade de N em resposta a pH's menos ácidos.

Os resultados positivos eram esperados devido ao efeito da elevação do pH na atividade microbiológica, uma vez que o melhor desempenho da fixação biológica de nitrogênio ocorre em faixas de pH mais elevadas (CÂMARA, 2014).

Além disso, devemos considerar o fornecimento de Ca para o crescimento radicular e Mg para a produção de fotoassimilados, melhorando também a absorção de P e K, que são necessários para a translocação interna desses fotoassimilados, resultando em melhor nutrição para o nódulo e maior fixação de nitrogênio (CÂMARA, 2014).

Outro fator a ser considerado é a redução da toxidez pelo alumínio, o que possibilita melhor enraizamento e, conseqüentemente, melhor fixação biológica de nutrientes (PETRERE et al., 2007).

### 3.3 TEOR DE P NA FOLHA

Para os teores de P na folha, 12 artigos apresentaram os resultados, somando-se 49 tratamentos. Dos 49 tratamentos, 36 apresentaram respostas positivas, 10 apresentaram respostas negativas e em 3 houve manutenção dos teores de P na folha.

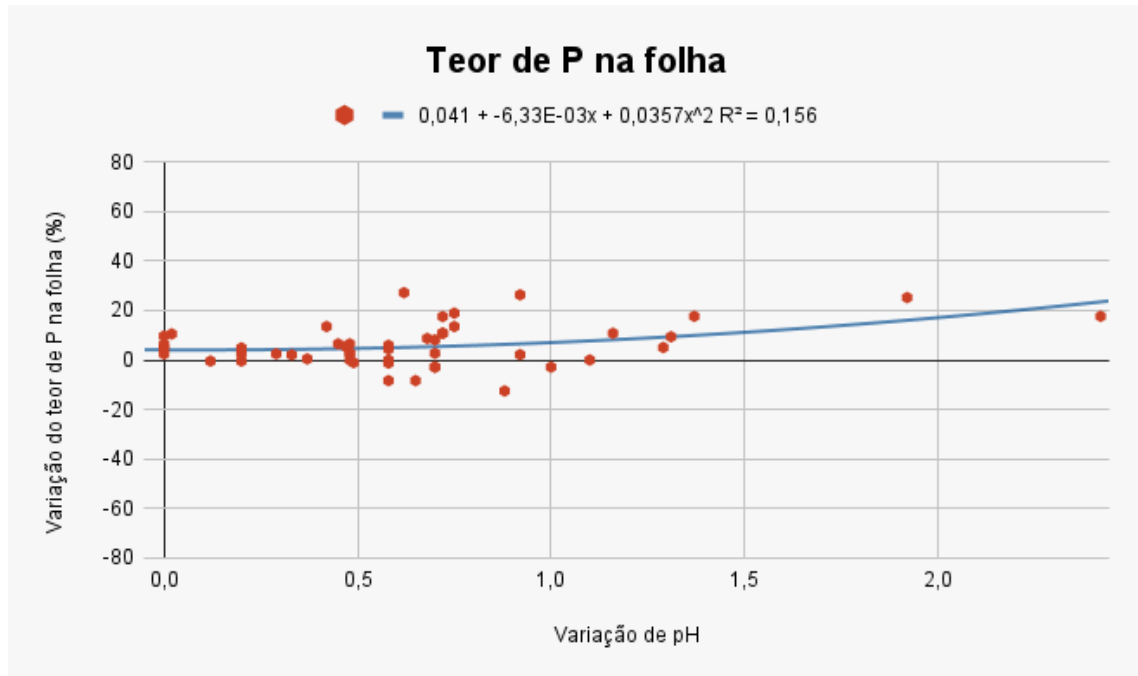
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de P (Figura 3).

Figura 3. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de P na soja.



Fonte: Elaboração própria

Novamente, nenhuma das respostas negativas foi estatisticamente significativa, sendo que 28 das respostas positivas foram significativas estatisticamente.

No caso do fósforo, o resultado também ficou dentro do esperado. Devido à elevação do pH, há redução de adsorção específica e precipitação do P, além da maior atividade microbiana poder auxiliar na disponibilização do fósforo (VASCONCELLOS, 1974).

Entretanto, é importante ressaltar que em solos de elevada saturação de Al, os polímeros de hidróxido de  $Al^{3+}$ , recém-formados com a calagem, podem apresentar alta afinidade pelo P, aumentando a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) do solo (HAYNES, ARMA, 1974, apud BROGGI, 2004).

### 3.4 TEOR DE K NA FOLHA

Para os teores de K na folha, 11 artigos apresentaram os resultados, somando-se 46 tratamentos. Dos 46 tratamentos, 19 apresentaram respostas positivas, 23 apresentaram respostas negativas e em 4 houve manutenção dos teores de K na folha.

Ou seja, foi observado um número maior de decréscimos que aumento com a calagem, mas os decréscimos se mostram significativos em apenas um dos 23 casos, enquanto 12 dos 19 casos com acréscimos foram significativos. Assim, poderíamos colocar que a calagem provoca pequenas mudanças ou acréscimos no teor foliar de K da soja.

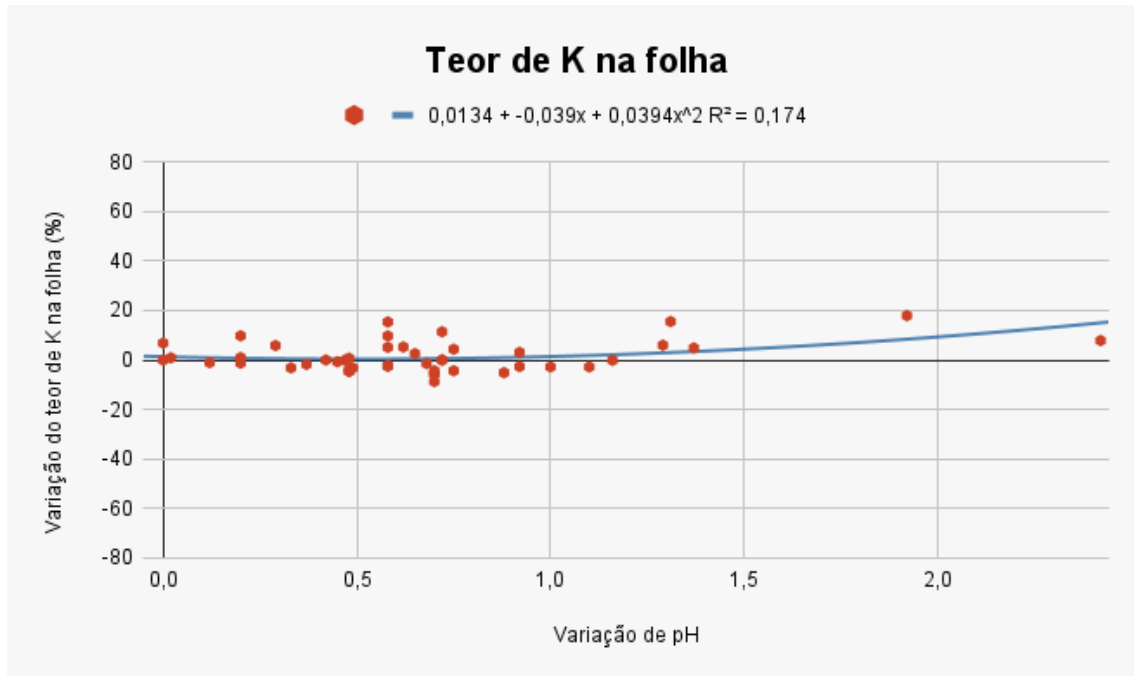
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de K (Figura 4).

Figura 4. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de K na soja.



Fonte: Elaboração própria

Para o K, a elevação do pH significa maior quantidade de cargas disponíveis na CTC e consequentemente maior retenção de K, reduzindo perdas e melhorando a eficiência da adubação, porém, o método para a elevação do pH inclui a elevação dos teores de Ca e Mg, que competem com o K no mesmo sítio de absorção pela planta, reduzindo capacidade da planta de absorver o K (LANGE et al., 2021).

Para solos com teores absolutos de K elevados, ou com baixas doses de corretivo, onde a calagem não conseguiu diluir excessivamente o K na solução do solo, a expectativa é a melhora na eficiência da adubação e consequente melhora no uso do K pela planta.

Entretanto, em solos com baixo teor de K, ou onde as doses de calcário possibilitaram elevada diluição desse K na solução do solo, a interação de absorção entre Ca, Mg e K, pode justificar a redução na capacidade de absorção pela planta.

Pauletti et al. (2020) constatou que decréscimos na produção pelo desbalanço da relação Ca:Mg somente foram observados quando um dos nutrientes (Ca, Mg ou K) estava baixo ou próximo desse nível no solo. Assim sendo, o teor absoluto desses nutrientes no solo impacta mais do que a relação deles em si.

### 3.5 TEOR DE Ca NA FOLHA

Para os teores de Ca na folha, 11 artigos apresentaram os resultados, somando-se 46 tratamentos. Dos 46 tratamentos, 33 apresentaram respostas positivas, 10 apresentaram respostas negativas e em 3 houve manutenção dos teores de Ca na folha. Novamente nenhuma das respostas negativas foi estatisticamente significativa. Destaca-se para o Ca a grande amplitude de variação (- 10,59% a + 48,59%), comparativamente aos N (- 6,62% a + 17,92%), P (- 18,92% a + 27,19%), K (- 8,70% a + 17,91%).

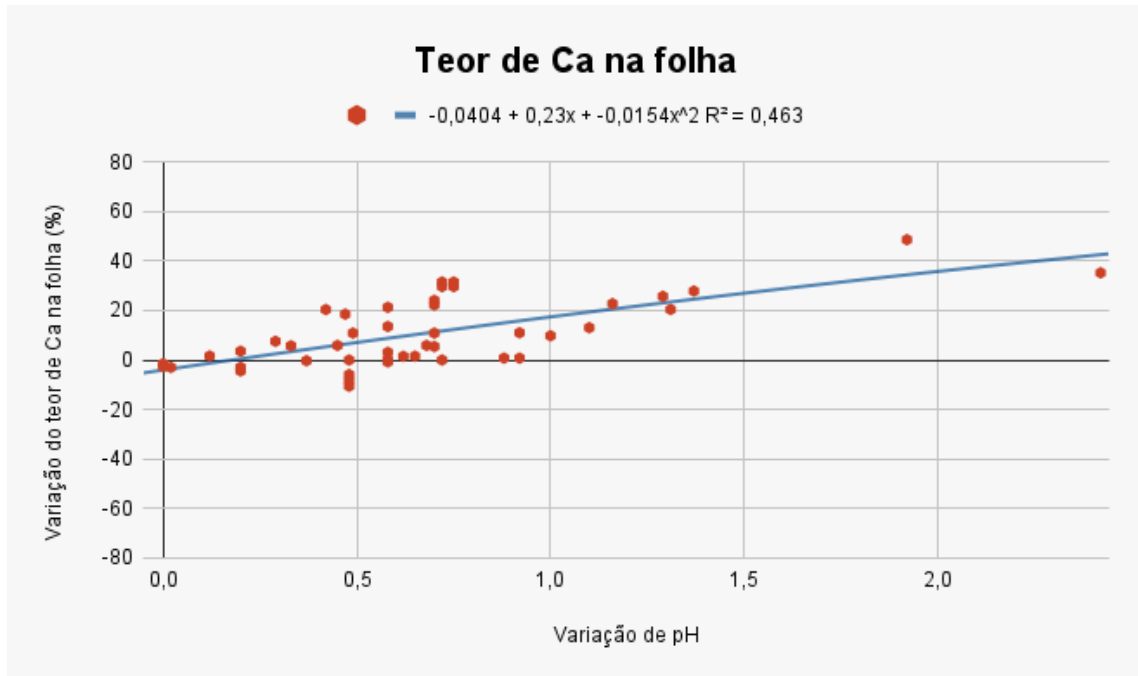
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Diferente dos demais nutrientes, existe uma clara relação entre variação do pH e variação no teor foliar de Ca (Figura 5).

Figura 5. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de Ca na soja.



Fonte: Elaboração própria

Em todos os tratamentos onde houveram respostas de decréscimo do teor foliar de Ca, foi feita a aplicação de calcário dolomítico, o que pode justificar essa redução devido à competição entre Ca e Mg. O mesmo fator que justifica redução nos teores de K, pode justificar a redução nos teores de Ca, porém, nesse caso, decréscimos mais tímidos e sem significância estatística uma vez que os teores de Ca também foram significativamente elevados.

As respostas positivas eram esperadas devido ao fornecimento de Ca via calcário e elevação do pH, o que disponibiliza mais cargas na CTC melhorando a retenção desse cátion no solo (SFREDO, 2008).

### 3.6 TEOR DE Mg NA FOLHA

Para os teores de Mg na folha, 12 artigos apresentaram os resultados, somando-se 54 tratamentos. Dos 54 tratamentos, 35 apresentaram respostas positivas, 17 apresentaram respostas negativas e em 2 houve manutenção dos teores de Mg na folha. Apenas uma das respostas negativas foi estatisticamente significativa.

Similar ao observado para o Ca, as amplitudes de variação observadas para o Mg (-17,54% a + 80%) foram muito elevadas em relação aos demais nutrientes.

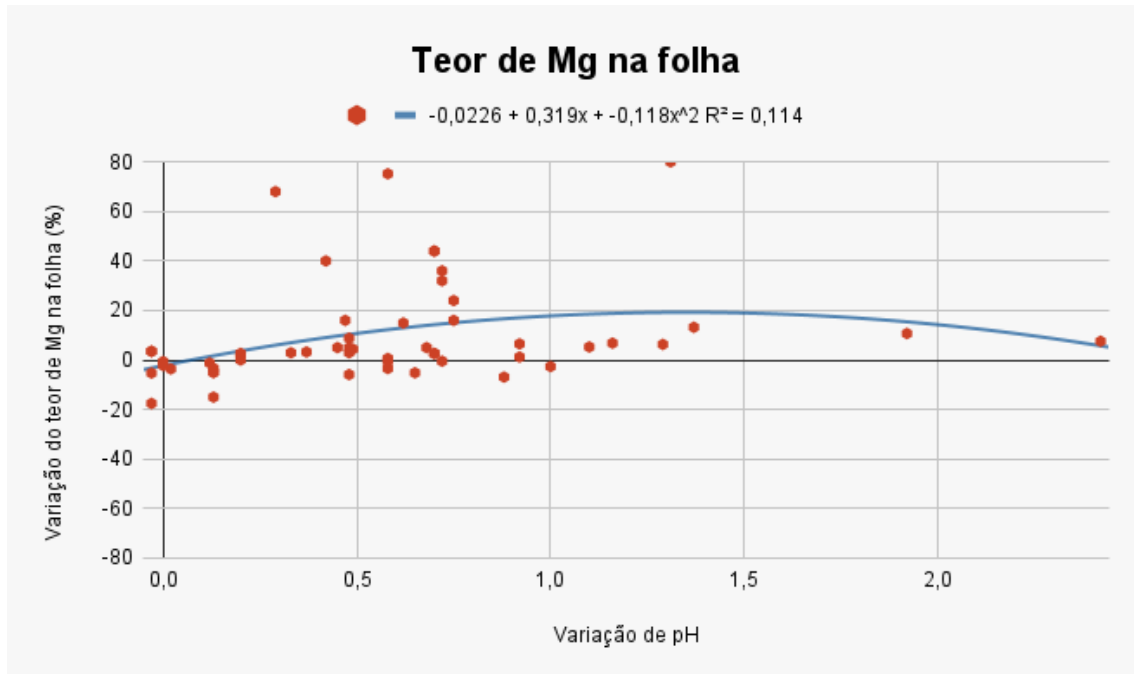
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de Mg (Figura 6).

Figura 6. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de Mg na soja.



Fonte: Elaboração própria

Assim como para o Ca e K, o Mg também pode justificar algumas respostas negativas devido à inibição competitiva com os outros dois nutrientes. É importante ressaltar que alguns dos resultados negativos foram com a aplicação de calcário com menores concentrações de MgO.

Aproximadamente 63% dos tratamentos mostraram resultados positivos em relação ao teor foliar de Mg, e a média final foi de 9,61% de aumento dos teores foliares para esse nutriente. Ainda sobre o Mg, vale ressaltar que as respostas positivas eram esperadas pelos mesmos motivos do Ca, fornecimento do nutriente via calcário e disponibilização de cargas na CTC, melhorando a retenção desse cátion no solo.

### 3.7 TEOR DE S NA FOLHA

Para os teores de S na folha, 11 artigos apresentaram os resultados, somando-se 46 tratamentos. Dos 46 tratamentos, 25 apresentaram respostas positivas, 13 apresentaram respostas negativas e em 8 houve manutenção dos teores de S na folha.

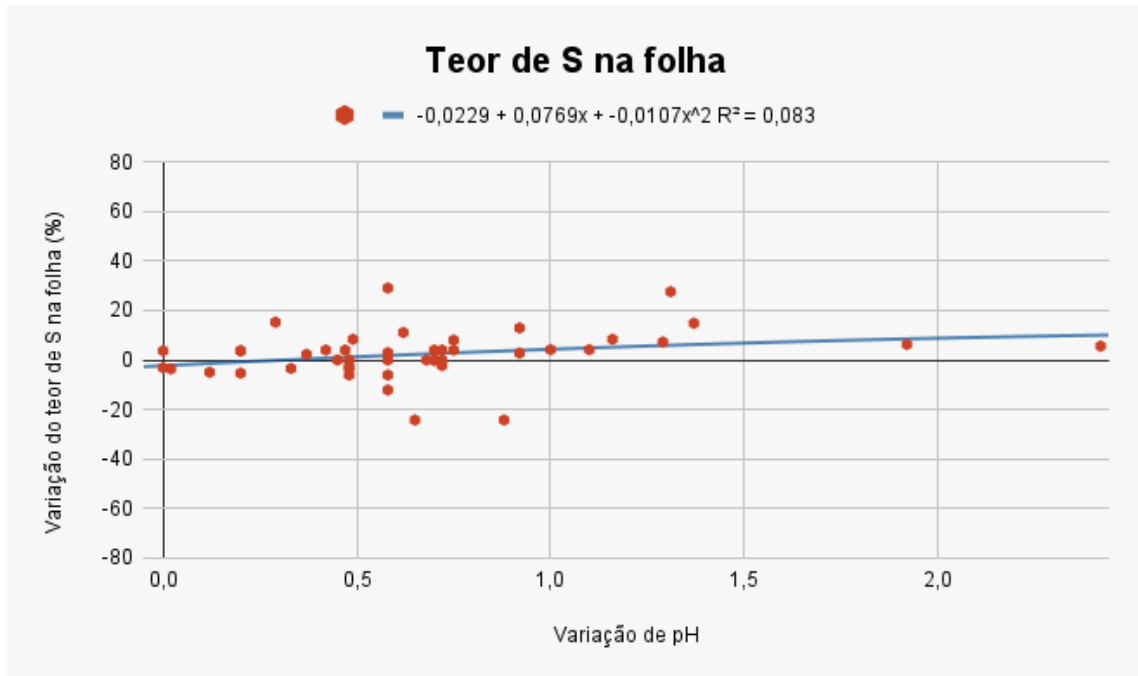
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de S (Figura 7).

Figura 7. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de S na soja.



Fonte: Elaboração própria

Para o S, a elevação do pH somada ao fornecimento de Ca poderia possibilitar melhor enraizamento da planta. O  $\text{SO}_4^{2-}$  tende a se deslocar mais rápido para horizontes subsuperficiais, ou até sair do sistema solo através da lixiviação (OSÓRIO FILHO et al., 2006).

Uma vez que o enxofre tende a ser retido em camadas mais profundas, espera-se que a planta obtenha melhor busca pelo nutriente no perfil do solo, através do melhor enraizamento, melhorando a absorção.

Entretanto, a elevação do pH reduz a quantidade de cargas positivas disponíveis no solo, reduzindo a CTA e ocorrendo em menor retenção de enxofre. Quaggio et al. (1997) encontrou decréscimos no enxofre extraível sobre aplicação de calcário, citando a hipótese de os resultados serem devido a alteração no equilíbrio de cargas do solo, assim como competição do íon fosfato pelos sítios de adsorção de sulfato, ocasionando uma lixiviação mais ou menos intensa desse íon.

Já Franklin (1971, citado por GRASSI FILHO, 1991) encontrou que altas concentrações de Ca na solução do solo podem elevar a absorção de ânions como o sulfato e fosfato.

Para esse nutriente, apenas 6 tratamentos foram significativos, todos apresentando elevação nos teores de S, o que pode indicar baixa interferência da correção com a disponibilidade de S, havendo potencial melhora na disponibilidade.

### 3.8 TEOR DE Mn NA FOLHA

Para os teores de Mn na folha, 13 artigos apresentaram os resultados, somando-se 57 tratamentos. Dos 57 tratamentos, 8 apresentaram respostas positivas e 49 apresentaram respostas negativas.

*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

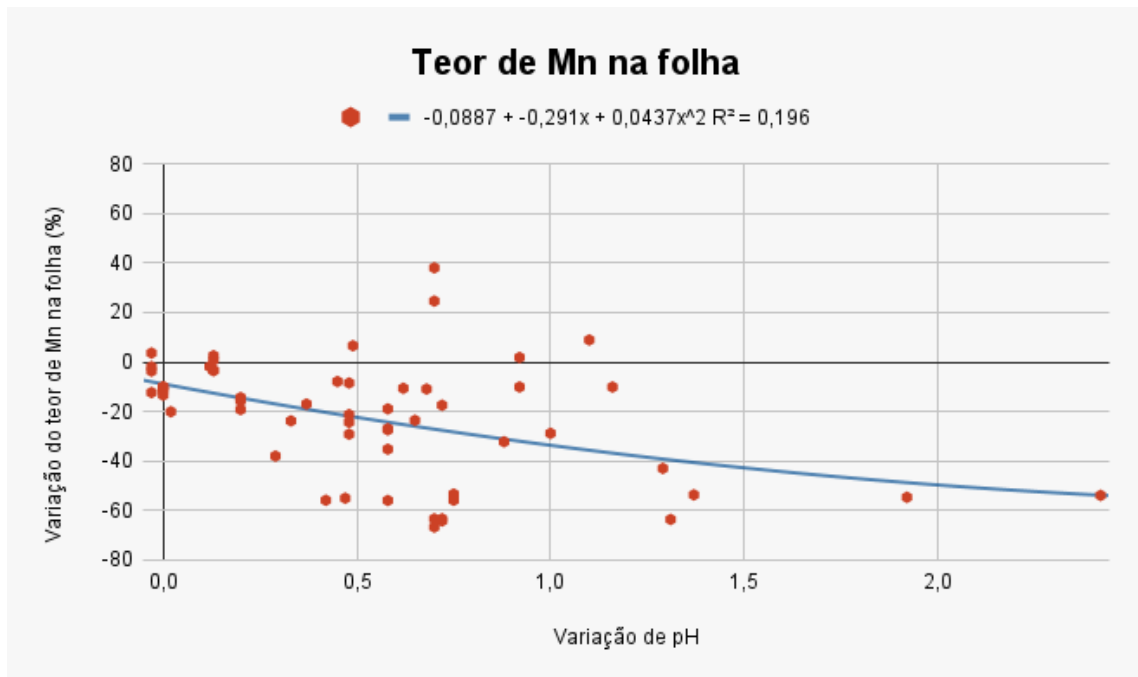
PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Os resultados de Mn foram predominantemente negativos e a média dos resultados foi de decréscimo de 22,61% dos teores foliares, o maior resultado negativo dentre todos os nutrientes, chegando próximo a -67%, além disso, nenhum tratamento com resultado positivo foi estatisticamente significativo.

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de Mn (Figura 8).

Figura 8. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de Mn na soja.



Fonte: Elaboração própria

A aplicação de calcário no solo auxilia na oxidação do Mn, podendo induzir à precipitação, ou a formação de óxidos de Mn, indisponíveis pela planta (HEINRICKS et al., 2006).

Sims (1986) encontrou que o Mn e Zn trocáveis foram as formas dominantes em pH's inferiores a 5,2, enquanto que em pH's mais elevados as formas ligadas à óxidos de ferro e organicamente complexadas eram mais presentes. As frações de Mn, trocáveis e orgânicas são as formas mais propensas a possuir Mn disponível para as plantas (SHUMAN, 1919; citado por SIMS, 1986).

Sims e Patrick (1978) também observaram o movimento do Mn das formas solúveis para frações de óxidos menos disponíveis conforme o pH aumentou (SIMS, PATRICK, 1978, citado por SIMS, 1986).

A solubilidade de Mn no solo pode ser influenciada pelo potencial de oxidação-redução do solo, pelo pH e pela formação de complexos (MACHADO, PAVAN, 1987, citado por HEINRICKS et al., 2006). Por outro lado, a disponibilidade ou a absorção pode ser afetada pelo balanço de íons de metais pesados (Cu, Fe, Zn), excesso de

água, baixa aeração, matéria orgânica, interação com outros nutrientes, efeito estacional e climático, microrganismos do solo e, carbonatos (MENGEL, KIRKBY, 2001, citado por HEINRICKS et al., 2006).

Outro fator que pode impactar na disponibilidade do Mn é a inibição não competitiva com o Mg. Na soja, a inibição do Mg sobre a absorção do Zn e do Mn pelas raízes é do tipo não competitiva (MOREIRA et al., 2002).

A inibição não competitiva acontece pela deformação do sítio não ativo do carregador, alterando a velocidade da formação de complexos e, conseqüentemente, esses complexos não se desdobram na velocidade normal para formar produtos (LEHNINGER et al., 1995).

Moreira et al. (2002) encontrou que a aplicação do calcário pode diminuir o efeito de toxidez de Mn devido à elevação do pH e da presença dos cátions de Ca e Mg, porém, em situações de carência, a calagem pode aumentar esse problema. A aplicação de Mn nos solos brasileiros se tornou muito comum, em grande parte devido às calagens realizadas que indisponibilizam fortemente esse nutriente.

### 3.9 TEOR DE ZN NA FOLHA

Para os teores de Zn na folha, 13 artigos apresentaram os resultados, somando-se 57 tratamentos. Dos 57 tratamentos, 3 apresentaram respostas positivas e 54 apresentaram respostas negativas.

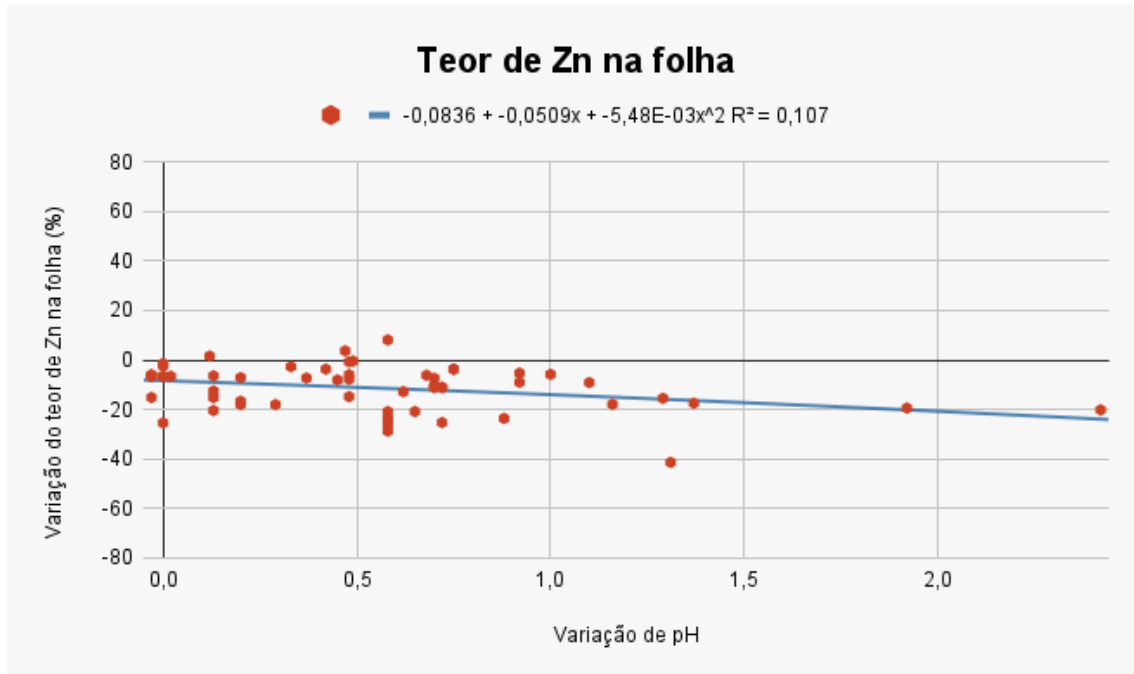
*Tabela 1. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de Zn (Figura 9).

Figura 9. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de Zn na soja.



Fonte: Elaboração própria

Os resultados de Zn, assim como de manganês, foram predominantemente negativos, e a média dos resultados foi de decréscimo de 11,47% dos teores foliares, sendo o segundo maior resultado negativo dentre todos os nutrientes.

O Zn, assim como o Fe, Cu e Mn, apresenta interações específicas com as hidroxilas geradas pela elevação do pH e, com a menor disponibilidade de cargas positivas disponíveis no solo. Ainda sobre o Zn, as formas organicamente complexadas estão mais disponíveis que as oclusas em óxidos de Fe ou Mn (SHUMAN, 1979, citado por SIMS, 1986).

O Zn possui reações muito similares às do Mn. O aumento na concentração de Mg na solução do solo impactou significativamente a absorção de zinco, porém, a redução não foi significativamente impactada pela dose, indicado presença de inibição não competitiva (MOREIRA et al., 2002).

Além disso, Zn, assim como o Mn e Fe, apresentam a mesma valência e raio iônico similar (KABATA PENDIAS, PENDIAS, 2000, citado por MOREIRA et al., 2002), o que pode gerar competição na absorção e na retenção nas cargas positivas do solo.

### 3.10 TEOR DE Cu NA FOLHA

Para os teores de Cu na folha, 11 artigos apresentaram os resultados, somando-se 46 tratamentos. Dos 46 tratamentos, 28 apresentaram respostas positivas, 15 apresentaram respostas negativas e em 3 houve manutenção dos teores de Cu na folha.

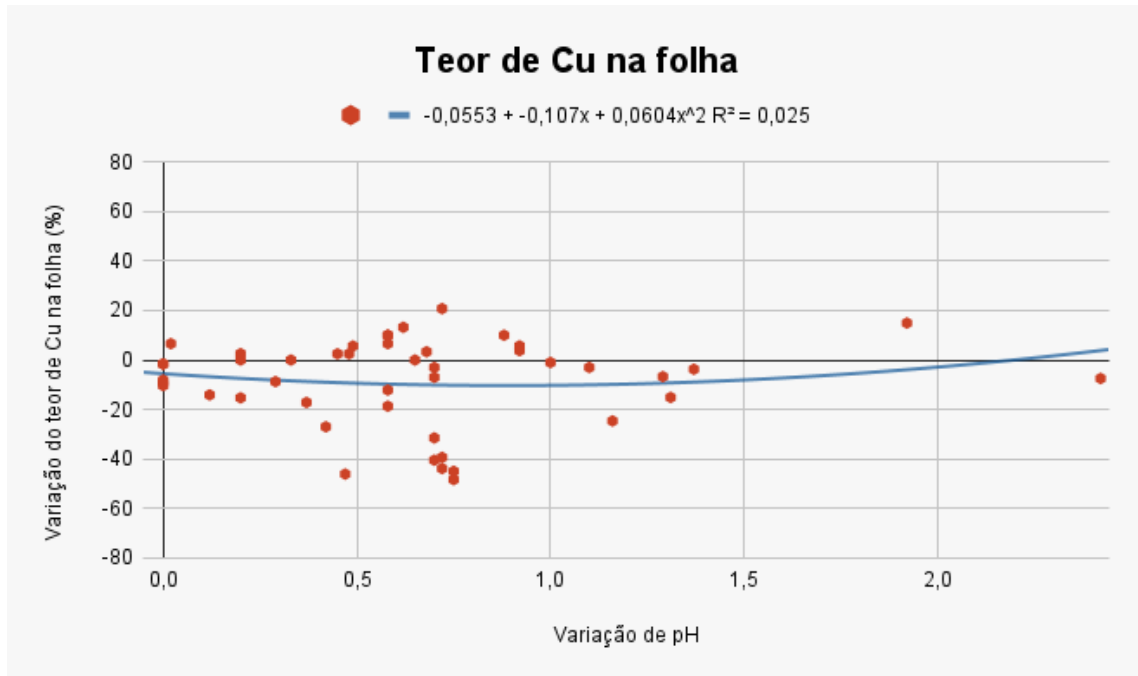
*Tabela 2. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de Cu (Figura 10).

Figura 10. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de Cu na soja.



Fonte: Elaboração própria

Os resultados de Cu, assim como de Mn, Zn e B, foram predominantemente negativos, a média dos resultados foi de decréscimo de 8,52% dos teores foliares, sendo o quarto maior resultado negativo dentre todos os nutrientes.

Maior parte do Cu no solo é encontrado na fração orgânica, uma fração considerável também é encontrada associada aos óxidos de Fe. Porém, com o aumento do pH do solo, foi observado aumento na sorção do Cu, principalmente devido à maior associação com óxidos do solo. Com a elevação do pH do solo também foi observada redução na sorção do Cu pela matéria orgânica (MC LAREN et al., 1973 e 1983, citado por SIMS, 1986).

Apesar dessas informações, os resultados encontrados na pesquisa de Sims (1986), indicaram pouca variação das formas de cobre disponíveis no solo com a variação do pH. Tan (1971, citado por SIMS, 1986) observou aumento da complexação de Cu conforme o pH aumentou, um fenômeno que não tinha sido visto no estudo de Sims (1986).

### 3.11 TEOR DE Fe NA FOLHA

Para os teores de Fe na folha, 8 artigos apresentaram os resultados, somando-se 32 tratamentos. Dos 32 tratamentos, 15 apresentaram respostas positivas e 17 apresentaram respostas negativas.

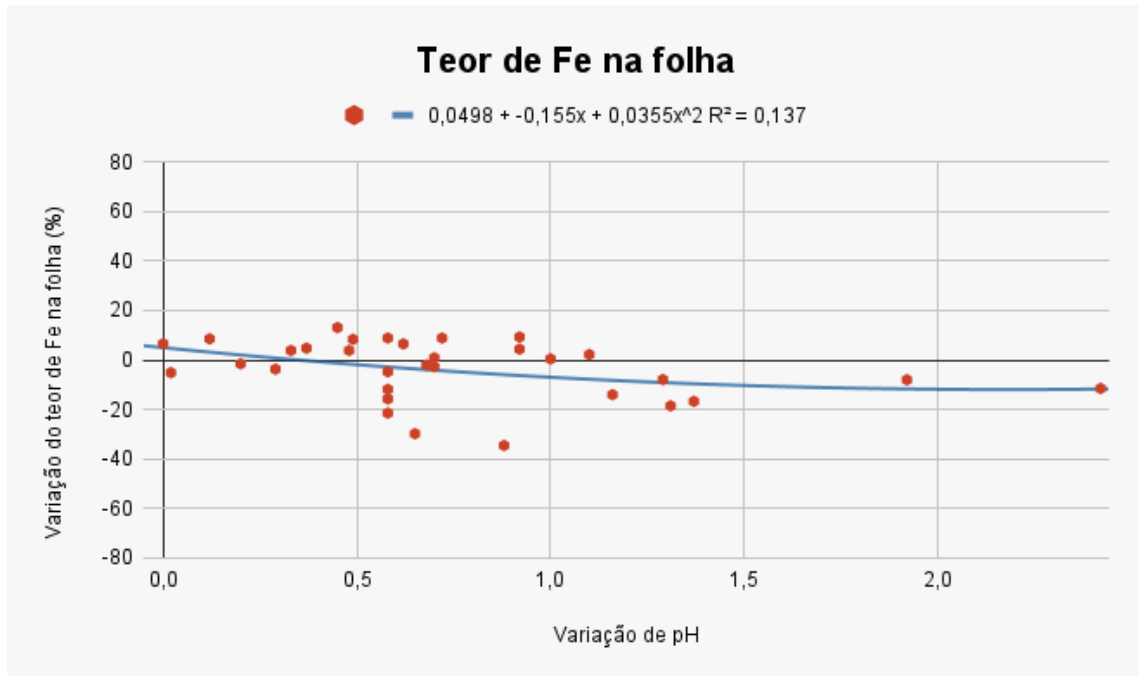
*Tabela 3. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de Fe (Figura 11).

Figura 11. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de Fe na soja.



Fonte: Elaboração própria

Para esse nutriente, apenas 2 tratamentos foram significativos estatisticamente, os dois apresentando resultados negativos em relação ao teor de Fe na folha. A média dos resultados ficou em decréscimo de 3,73% dos teores em relação às testemunhas, com variação + 13,09% a - 34,52%.

As possíveis justificativas para explicar maior resposta negativa de teores de Fe na folha em relação a elevação do pH, são devido a sua natureza química. Normalmente, a solubilidade e movimentação dos micronutrientes catiônicos (ferro, manganês, zinco e cobre) aumenta com a diminuição do pH (CAMARGO, 2006), o inverso ocorre com a elevação do pH.

Já o aumento, pode ser explicado pela melhor condição para enraizamento e busca pelo nutriente no solo.

### 3.12 TEOR DE B NA FOLHA

Para os teores de B na folha, apenas 4 artigos apresentaram os resultados, somando-se 26 tratamentos. Dos 26 tratamentos, 1 apresentou resposta positiva, 22 apresentaram respostas negativas e em 3 houve manutenção dos teores de B na folha.

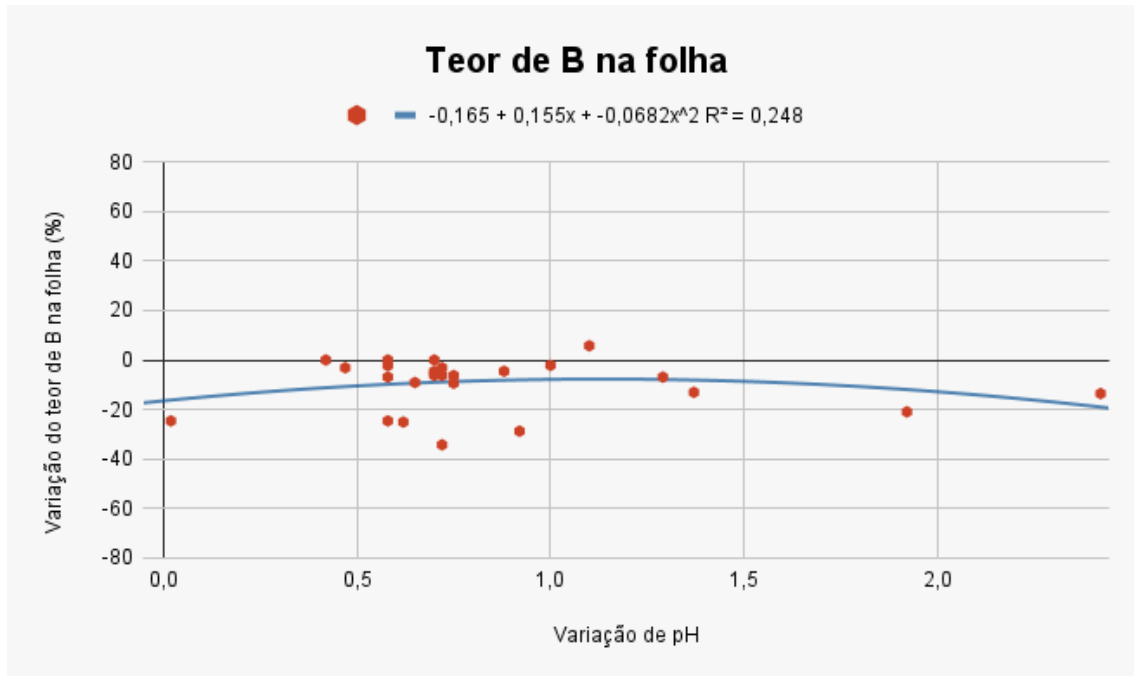
*Tabela 4. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração foliar de nutrientes na soja.*

PARÂMETRO	ARTIGOS	TRAT.	s	ns	sr	AUMENTO	s	DECRÉSCIMO	s	SEM EFEITO
Produtividade	13	57	16	9	11	36	16	3	0	0
N foliar	11	46	11	27	8	35	11	11	0	0
P foliar	12	49	28	13	8	36	27	10	1	3
K foliar	11	46	13	25	8	19	12	23	1	4
Ca foliar	11	46	16	22	8	33	16	10	0	3
Mg foliar	12	54	15	31	8	35	14	17	1	2
S foliar	11	46	6	32	8	25	6	13	0	8
Fe foliar	8	32	2	22	8	15	0	17	2	0
Mn foliar	13	57	43	10	4	8	0	49	43	0
Zn foliar	13	57	34	15	8	3	1	54	33	0
Cu foliar	11	46	15	23	8	28	0	15	15	0
B foliar	4	26	10	8	8	1	0	22	10	3

Fonte: Elaboração própria

Similar ao observado na produtividade, não foi possível verificar uma relação direta entre variação do pH e variação no teor foliar de B (Figura 12).

Figura 12. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de B na soja.



Fonte: Elaboração própria

Os resultados de B, assim como de manganês, zinco e cobre foram predominantemente negativos, a média dos resultados foi de decréscimo de 9,81% dos teores foliares, sendo o terceiro maior resultado negativo dentre todos os nutrientes.

A expectativa em relação ao Boro era de queda, porém, grande parte da literatura expressa o Boro como um nutriente que responde a elevação do pH positivamente, devido a sua maior adsorção em solos com pHs mais elevados.

Cardoso (1978) comentou que estudos relativos à fixação do boro no solo têm colaborado na explicação dos fatores determinantes do baixo aproveitamento desse nutriente. Steiner et al. (2012) ainda escreveu que a adsorção do B pelo solo é o principal fenômeno relacionado a disponibilidade desse nutriente para as plantas.

O B pode ser adsorvido por óxidos de alumínio e ferro e seus hidróxidos (GOLDBERG, SUAREZ, SHOUSE, 1985; PRODROMOU, 2004, citado por STEINER, 2012), minerais de argila (GOLDBERG e GLAUBIG, 1985, citado por STEINER, 2012), matéria orgânica (YERMIYAHU, KEREN, CHEN, 1985; citado por STEINER, 2012) e carbonato de cálcio (SHAFIQ et al., 2008, citado por STEINER, 2012).

Hatcher et al. (1967, citado por ROSOLEM, BÍSCARO, 2007) citou que cinco mecanismos têm sido propostos para explicar a adsorção de B, sendo eles a adsorção do íon borato, adsorção de ácido bórico, formação de complexos orgânicos, precipitação de boratos insolúveis com alumina e sílica, e entrada do B nas grades cristalinas dos minerais de argila. Segundo Saltali et al. (2005, citado por ROSOLEM, BÍSCARO, 2007), pH, teor de argila e areia e a calagem, são os fatores que mais influenciam a adsorção e lixiviação de B.

A capacidade da adsorção de B nos solos depende do pH da solução, da textura do solo e da composição mineral (COMMUNAR, KEREN, 2006, citado por STEINER, 2012). Sims e Bingham (1968, apud ROSOLEM, BÍSCARO 2007) viram que a grande afinidade entre o B e os hidróxidos de ferro e de alumínio é um aspecto importante a se considerar em estudos de adsorção. Em um grupo de solos ácidos, a adsorção de B foi altamente correlacionada também ao alumínio trocável, precipitado pela adição de  $\text{CaCO}_3$ , com efeito mais acentuado do hidróxido de alumínio recém precipitado (Souza et al., 1997, citado por ROSOLEM, BÍSCARO, 2007).

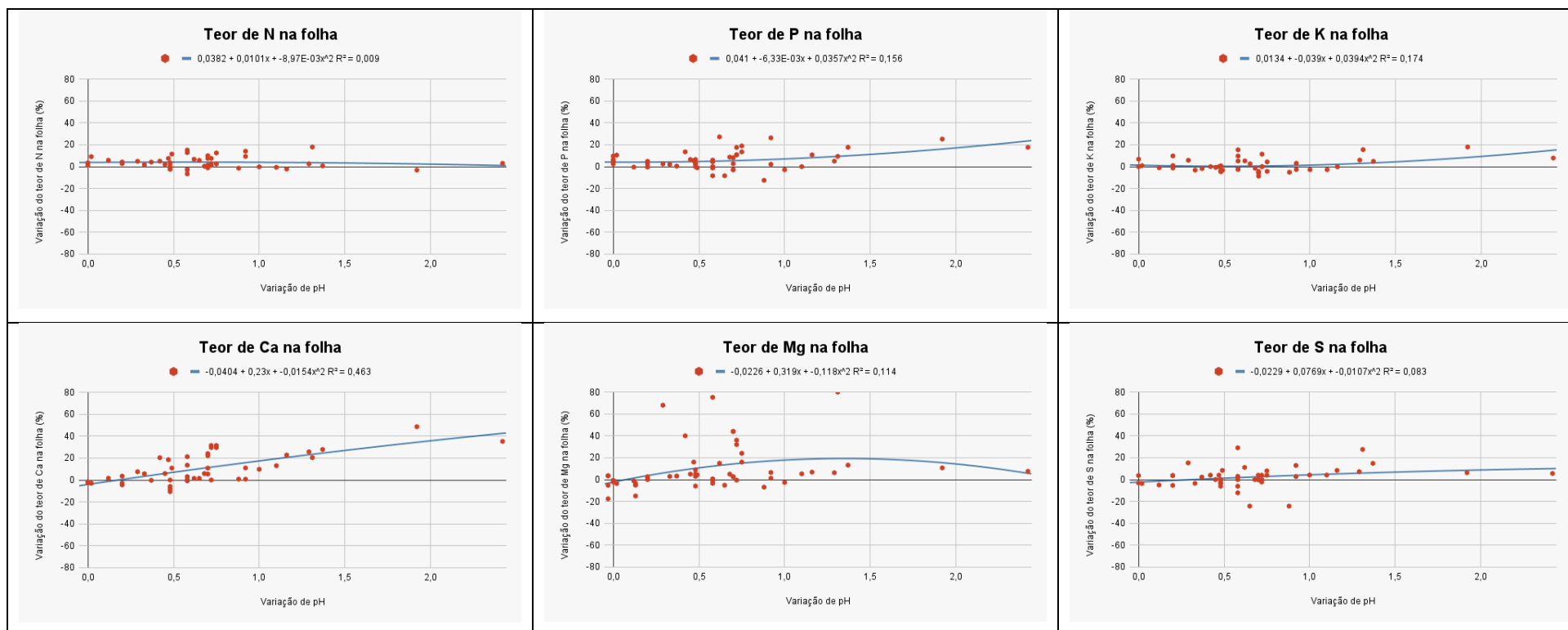
A deficiência de B pode ser resultado da lixiviação excessiva (mais acentuado em solos arenosos) ou de excesso de calagem, que eleva a adsorção do nutriente ao solo (ROSOLEM, BÍSCARO, 2007).

### 3.13 TABELAS DE COMPARAÇÕES

Com as figuras dispostas lado a lado (Tabelas 2 e 3), é possível observar de forma mais clara o efeito da correção do solo sobre o teor de nutrientes e a produtividade da soja, facilitando a comparação entre os efeitos. Os dados demonstram uma maior variação nos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em relação aos demais macronutrientes, sendo que todos os macronutrientes apresentaram tendência de aumento nos teores foliares.

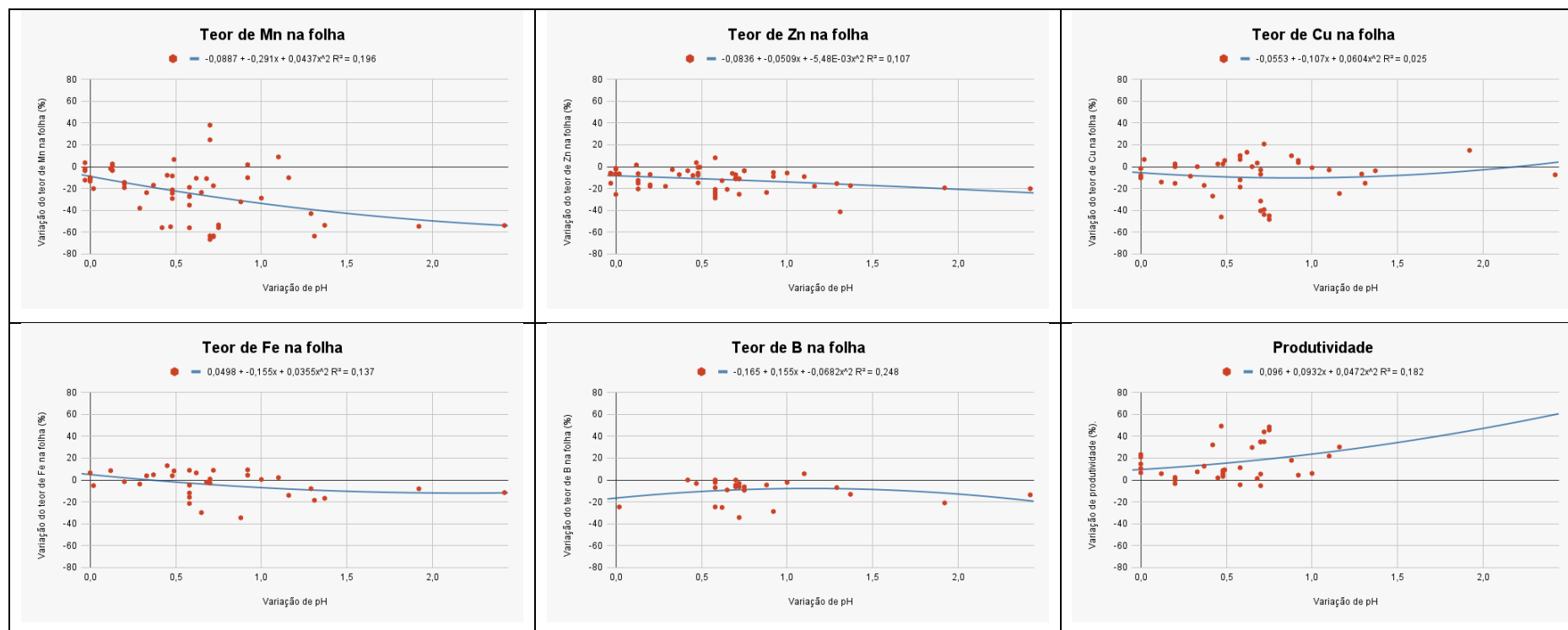
No caso dos micronutrientes, verifica-se uma tendência de redução nos teores dos micronutrientes analisados (Mn, Zn, Cu, Fe e B), com destaque para o manganês (Mn), que apresentou o maior decréscimo nos teores foliares. Apesar dessa redução, observa-se tendência de aumento na produtividade, o que pode indicar que o aumento nos teores de macronutrientes foi mais determinante que o decréscimo dos micronutrientes para o desenvolvimento da cultura nas condições analisadas.

**Tabela 2. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de macronutrientes na soja.**



Fonte: Elaboração própria

*Tabela 3. Efeito da variação do pH dado pela calagem na percentagem da concentração foliar de micronutrientes e produtividade na soja.*



Fonte: Elaboração própria

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do efeito da calagem sobre a concentração foliar de nutrientes da soja indicam pequena amplitude de variação para os macronutrientes primários (N - 6,62% a + 17,92%; P - 18,92% a + 27,19%; K - 8,70% a + 17,91%). Sendo, na média, acréscimos de 5,86%, 9,21% e 7,05% nas concentrações dos mesmos nas folhas, respectivamente para N, P e K.

Pequenos decréscimos ou não mudanças também pode ocorrer. Já, os macronutrientes secundário Ca e Mg, obtiveram grandes variações com valores de - 17,54% a + 80% para Mg e - 10,59% a + 48,59% para Ca, dado possível a ação direta do aumento do mesmo no solo e absorção pela planta. Os resultados de decréscimo dos mesmos podem estar relacionados com escolha do tipo de corretivo, sendo ele com maior ou menor teor de CaO e MgO. O S mostrou-se muito variável, apresentando alterações entre - 24,24% a + 29,06%, apresentando leve tendência de alta.

De um modo geral, confirma-se o predomínio do aumento de N, P, K, Ca e Mg com calagem. Já para os micronutrientes, confirma-se que o micronutriente Mn foi o elemento mais sensível às elevações do pH do solo, apresentando grandes decréscimos na maioria dos tratamentos, com amplitude de variação entre - 67% a +38,03%. Tal fato justifica que no Brasil, a aplicação de Mn se tornou muito comum, em grande parte devido às calagens realizadas, as quais indisponibilizam fortemente esse nutriente. Além disso, também se observa o predomínio de decréscimo dos micronutrientes Zn, B, Cu e Fe, que apresentaram, respectivamente, o 2º, 3º, 4º e 5º maiores decréscimos nos teores foliares.

O Predomínio de decréscimo B mostra-se contrário com o normalmente preconizado para este nutriente na literatura.

### 4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No trabalho, a base de dados utilizada alcançou poucos artigos elegíveis, gerando pouca relevância estatística nas interações. É necessário a elaboração de uma nova revisão que abranja mais artigos, possibilitando uma análise com maior número de dados da relação de cada nutriente com as variações do pH.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. R. F. Práticas de manejo sustentável para horticultura. Botucatu: UNESP, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/1b7882eb-d55c-4cd8-ac4e-5f603f4d0a6c>. Acesso em: 24 nov. 2024.

BENJAMIN OSÓRIO FILHO. Adubação de pastagens em solos arenosos do Sul do Brasil. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5467/BENJAMIN%20OSORIO%20FILHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 nov. 2024.

BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; MASSRUHA, S. M. F. S.; VICTORIA, D. de C.; SILVA, G. B. S.; OLIVEIRA, A. F. de. Potencial de expansão agrícola em áreas de pastagem degradadas no Brasil. *Agroanalysis*, v. 44, n. 3, p. 25-27, 2024. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/474122>. Acesso em: 24 nov. 2024.

BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; PORTUGAL, J. R.; MORETTI, L. G.; GARCIA, A.; RODRIGUES, V. A.; FONSECA, M. C.; BERNART, L.; VILELA, R. G.; MENDONÇA, L. P.; REIS, A. R. Long-term liming improves soil fertility and soybean root growth, reflecting improvements in leaf gas exchange and grain yield. *European Journal of Agronomy*. [S.l.], Elsevier, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030121000800>. Acesso em: 24 nov. 2024.

CAMARGO, M. A. P.; CAIRES, E. F. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n. 2, p. 197-205, 1997. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266493180>. Acesso em: 24 nov. 2024.

CAMARGO de, O. A. Reações e interações de micronutrientes no solo. 2006. Disponível

em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/micronutrientes/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm)>. Acesso em: 26 nov. 2024.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J., KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. [S.l.], SciELO, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/VrHZHYdsvKbbf5F3TVJ8MnQ>. Acesso em: 24 nov. 2024.

CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality a function of lime and gypsum applications. *Scientia Agricola*. [S.l.], SciELO, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/bx88mkSpdfgZPyMSRRPH4tt>. Acesso em: 24 nov. 2024.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. [S.l.], SciELO, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ybcdZQdbGVwPShsvn3CshZw>. Acesso em: 24 nov. 2024.

CANTARELLA, H. et al. Calagem em solos de cerrado: critérios de recomendação. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, supl. 1, p. 243-258, 2012. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/9174/11238>. Acesso em: 28 nov. 2024.

CARDOSO, A. et al. Avaliação de fontes alternativas de fósforo para culturas anuais no Brasil. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20231122-093250/publico/Cardoso-Antonio.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.

EMBRAPA. Agricultura sustentável: desafios e perspectivas. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/192310/1/CNPAF-2013-500PR7.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

EMBRAPA. Boas práticas agrícolas: segurança e sustentabilidade no uso de agroquímicos. Londrina: Embrapa Soja, 2020. Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1105183>. Acesso em: 24 nov. 2024.

EMBRAPA. Recomendação de uso do solo: região do Cerrado. Brasília: Embrapa Cerrados, 2020. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218402/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-123-133.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Boletim Técnico, Brasília, 2020. Disponível em:  
<https://www.agrolink.com.br/downloads/soja%20no%20Brasil%20-%20calagem,%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20e%20nutri%C3%A7%C3%A3o%20mineral.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.

EMBRAPA. Utilização do solo na região semiárida brasileira: práticas conservacionistas. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36038/1/OPB1411.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Boron adsorption and leaching in a Brazilian Oxisol. *Journal of Plant Nutrition*, v. 27, n. 1, p. 17-31, 2004. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/262501102\\_Boron\\_adsorption\\_and\\_leaching\\_in\\_a\\_Brazilian\\_Oxisol](https://www.researchgate.net/publication/262501102_Boron_adsorption_and_leaching_in_a_Brazilian_Oxisol). Acesso em: 28 nov. 2024.

FURTINI NETO, A. E. et al. Métodos de análise de micronutrientes no solo: uma avaliação crítica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 7, p. 589-599, 2004.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/znRWKPYZhVG8MSCZCYR8cSy/>.  
Acesso em: 28 nov. 2024.

GRASSI FILHO, H. Adubação fosfatada no sistema de semeadura direta em solos tropicais. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20191108-102821/publico/GrassiFilhoHelio.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.

HANSEL, F. D., & OLIVEIRA, M. L. (2016). Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. *Informações Agronômicas*, 153, 1-14.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO DE PLANTAS. Uso de fertilizantes em culturas de alto rendimento. *Informativo Agronômico*, v. 118, p. 1-8, 2024. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/\\$FILE/Encarte-118.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf). Acesso em: 24 nov. 2024.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO DE PLANTAS. Uso sustentável de nutrientes em solos tropicais. *Informativo Agronômico*, v. 147, p. 1-9, 2024. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/B7FB85D4FAD745CF83257D660046A90D/\\$FILE/Page1-9-147.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/B7FB85D4FAD745CF83257D660046A90D/$FILE/Page1-9-147.pdf). Acesso em: 24 nov. 2024.

MASCARENHAS, H. A. A.; BRAGA N. R.; BULISANI, E. A.; FEITOSA, C. T., BATAGLIA, O. B. Efeito do corretivo sobre soja cultivada em solo de cerrado contendo Al e Mn [aluminio, manganes, Glycine max, Brasil] [S.I.], AGRIS, 2024. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/64735eb408fd68d54603407>  
b. Acesso em: 24 nov. 2024.

MENEZES, T. C.; SILVA, P. L. Produção de soja em solos compactados. *Bragantia*, Campinas, v. 80, n. 1, p. 122-130, 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/R5DM4ZK4FDmCvhzXspRpTqm/>. Acesso em: 24 nov. 2024.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/249289893\\_Mengel\\_K\\_and\\_Kirkby\\_E\\_A\\_Principles\\_of\\_plant\\_nutrition](https://www.researchgate.net/publication/249289893_Mengel_K_and_Kirkby_E_A_Principles_of_plant_nutrition). Acesso em: 28 nov. 2024.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C.; REIN, T. A.; GOMES, A. C. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho Pesquisa Agropecuária Brasileira. [S.l.], SciELO, 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/whppFhNMpTXS8hpcdBc5stc>. Acesso em: 24 nov. 2024.

MONTEZANO, Z. Gestão sustentável em sistemas agroindustriais. 2009.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em:

[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-15042009-090208/publico/Zaqueu\\_Montezano.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-15042009-090208/publico/Zaqueu_Montezano.pdf). Acesso em: 24 nov. 2024.

MOREIRA, S. G; MORAES, F. A.; PEIXOTO, D. S.; SILVA, J. C. R.; GAUDENCIO, J. R. F.; SILVA, B. M.; SILVA, M. M.; MACEDO, J. R. Deep incorporation of high limestones rates affects the macro and micronutrients availability and the accumulated grain yield in three acidic sites in Brazil. European Journal of Agronomy. [S.l.], Elsevier, 2023. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030123003428>. Acesso em: 24 nov. 2024.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Lehninger principles of biochemistry. 6. ed. New York: W. H. Freeman, 2012. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/48376766\\_Lehninger\\_Principles\\_of\\_Biochemistry](https://www.researchgate.net/publication/48376766_Lehninger_Principles_of_Biochemistry). Acesso em: 28 nov. 2024.

OLIVEIRA, D. T. Análise econômica de culturas de grãos. Botucatu: UNESP, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/f4597f0c-d6da-445b-95f7-dcee5e099b40>. Acesso em: 24 nov. 2024.

OLIVEIRA, J. A. et al. Calagem e extratores químicos de manganês e zinco em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico cultivados com soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 31, n. 10, p. 717-725, 1996. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228859067\\_Calagem\\_e\\_extratores\\_quimicos\\_de\\_manganes\\_e\\_zinco\\_em\\_Latossolo\\_Vermelho\\_e\\_Neossolo\\_Quartzarenico\\_cultivados\\_com\\_soja](https://www.researchgate.net/publication/228859067_Calagem_e_extratores_quimicos_de_manganes_e_zinco_em_Latossolo_Vermelho_e_Neossolo_Quartzarenico_cultivados_com_soja). Acesso em: 28 nov. 2024.

PEARSON, R.W. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell, International Agriculture, 1975. 66p. (Bulletin, 30).

RAIJ, B. van, et al. "Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado." *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 1.1 (1977): 28-31.

RESENDE, Á. V. et al. Eficiência de fontes de fósforo e modos de aplicação no milho em solo submetido à construção do perfil de fertilidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 8, p. 1259-1267, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/hVLCjbyJmHwJxTjQxNH65Lt/?lang=pt>. Acesso em: 28 nov. 2024.

ROSOLEM, C. A., & NAKAGAWA, J. (1990). Deficiência de Mn em soja, induzida por adubação potássica e calagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25(6), 833-836.  
Tanaka, R. T., Mascarenhas, H. A. A., & Bulisani, E. A. (1992). Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27(2), 247-250.

SANTOS, A. B.; NOGUEIRA, A. B. Modelo preditivo para produção de milho. Botucatu: UNESP, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/a0ea920b-2aef-4098-a77d-b936d163ac0d>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SANTOS, A. G. A.; RODRIGUES, L. M. Análise da fertilidade em solos do Cerrado. *Revista de Ciências Agrárias da Amazônia, Cuiabá*, v. 45, n. 3, p. 150-160, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1522/2529>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SANTOS, G. S. Uso de remineralizadores no manejo da fertilidade do solo em sistemas agroecológicos. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e7321144-c84c-447d-af84-86220b266734/content>. Acesso em: 28 nov. 2024.

SANTOS, J. P. Influência da irrigação no cultivo do feijão. Botucatu: UNESP, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/e9ab88cd-27f6-4f87-81f2-efdc8c2c5d32>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, A. F.; FREITAS, A. D. S.; STAMFORD, N. P. Efeito da inoculação da soja (cv. Tropical) com rizóbios de crescimento rápido e lento em solo ácido submetido à calagem. *Semantic Scholar*. [S.l.], 2024. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ce00/2557652d62ef49e1b34510faaf196dd80abb.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, C. A.; OLIVEIRA, J. R.; SANTOS, E. F. Taxas de mineralização do carbono orgânico no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 48, p. e20240035, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/4BxdWwsWwvzgXtH56V3bKHM/>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, F. J. Análise da produtividade em sistemas irrigados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 35, n. 2, p. 121-130, 2024. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3643/934>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, J. L. Otimização no uso de recursos hídricos em fruticultura. Botucatu: UNESP, 2024. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/88e5fb0e-16f9-4948-87d6-454d4162935f/content>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, L. A. Viabilidade econômica de sistemas de produção de soja. Piracicaba: USP, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-15042009-090208/en.php>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, M. F. Dinâmica de nutrientes em sistemas de integração lavoura-pecuária. 2024. Tese (Doutorado em Agronomia) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEM-10\\_18ac4ffe37cf3898f05f0ef11eccc3ef](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEM-10_18ac4ffe37cf3898f05f0ef11eccc3ef). Acesso em: 24 nov. 2024.

SMITH, J. E.; JOHNSON, P. A.; BROWN, C. L. Soil health and nutrient cycling in organic systems. *PLoS One*, v. 13, n. 8, p. e0201234, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9798848/>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Vitória, 2013. Disponível em: <https://eventossilos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/1286.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.

SOUZA, J. R.; MENEZES, P. H.; OLIVEIRA, T. S. Efeito de diferentes doses de calcário em solos arenosos. *Bragantia*, Campinas, v. 73, n. 3, p. 240-250, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/dBRT6fHHRGz3HspzfCmbvgx/>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SOUZA, R. C. et al. Adubação alternativa no cerrado brasileiro: estudo de caso. *Revista Nativa*, v. 9, n. 4, p. 12-20, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/11526>. Acesso em: 28 nov. 2024.

SOUZA, R. T. Gestão da irrigação em sistemas agrícolas. Campinas: IAC, 2021. Disponível em:

[https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses\\_dissertacoes/pb1212210.pdf](https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes/pb1212210.pdf). Acesso em: 24 nov. 2024.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27, n. 2, p. 247-250, 1992.

VERONESE, M. Acidez do solo e produtividade da soja em função de calagem e rotação de culturas, 2011, 106f. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/0ce74cd1-336d-443a-bebf-263e431bf603/content>. Acesso em: 30 nov. 2024.