

**EFEITO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE FOSFATO MONOAMÔNICO E
SULFATO DE ZINCO SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) EM CONDIÇÕES DE
DOIS NÍVEIS DE SATURAÇÃO POR BASES**

ROGER JESUS MUÑOZ HERNANDEZ

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Muñoz Hernandez, Roger Jesus

Efeito da aplicação foliar de fosfato monoamônico e sulfato de zinco sobre a nutrição mineral do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em condições de dois níveis de saturação por bases / Roger Jesus Muñoz Hernandez. - - Piracicaba, 1998.

131 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Adubação foliar 2. Adubação fosfatada 3. Café 4. Fósforo 5. Nutrição vegetal
6. Saturação por base 7. Solo 8. Sulfato de zinco I. Título

CDD 633.73

A Deus

À minha mãe, Belkis, a minha gratidão, pelo seu carinho, apoio, confiança e compreensão, que possibilitaram a conquista deste objetivo, em prol da minha formação acadêmica.

Aos meus irmãos, Leda, Francisco, Maricela, Ronald, Breda, Gioconda, Belkis, John Leopoldo, pela solidariedade, incentivo e respeito que sempre me dedicaram.

Ao meu pai, Rafael Francisco,
(in memoriam)

A todos eles, com muito amor,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai todo-poderoso, toda honra, glória e louvor agora e para sempre, por sua presença durante todo o tempo, pela saúde e perseverança concedidas para mais esta realização.

À Universidade de São Paulo e ao Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Campus de Piracicaba, por ter permitido meu ingresso e a oportunidade de realização do Curso.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Estudo.

Ao Professor Doutor Ronaldo Ivan Silveira, pela amizade e confiança, experiente orientação durante o curso e pelas suas constantes e valiosas contribuições na realização deste trabalho.

Aos Professores do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, pela amizade e contribuições nos ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Doutor Geraldo Victorino de França, Ex-Coordenador do Curso, pela amizade com que me distinguiu e pela especial atenção.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, pela amizade e pela atenção dispensada.

Aos meus colegas de Curso, pela amizade durante o nosso convívio.

À Ila Cardim Rêgo, pela estima, pelo apoio, pela troca de idéias e, sobretudo, pela sincera amizade demonstrada no decorrer do curso.

À Kátia Maria de Andrade Ferraz e Eliana Maria Garcia Sabino, pelo auxílio na revisão e correção das referências bibliográficas consultadas e principalmente, pela sincera amizade e pela especial atenção dispensada.

À Clotilde Maria Batochio Cunha, pela digitação da Tese e dedicação na correção do uso da língua portuguesa e pela especial atenção.

À D^a Yvonne Balbaud, D^a Alzira Tuzini e José Roberto Martins pela acolhida, pelo estímulo, pela amizade sincera e por ter tornado mais agradável a minha convivência.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pela valiosa ajuda durante as diversas fases da pesquisa.

A todos aqueles, que de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
RESUMO.....	xx
SUMMARY.....	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O zinco no solo e na planta.....	3
2.1.1. Aspectos gerais.....	3
2.1.1.1. Funções.....	3
2.1.1.2. Sintomas de deficiência.....	4
2.1.1.3. O zinco na adubação foliar na cafeicultura.....	4
2.2. Fósforo no solo e na planta.....	10
2.2.1. Aspectos gerais.....	10
2.2.1.1. Funções.....	11
2.2.1.2. Sintomas de deficiência.....	12
2.2.1.3. O fósforo na adubação foliar na cafeicultura.....	12

3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Localização do experimento.....	15
3.2. Caracterização e preparo do solo.....	15
3.3. Caracterização química do substrato.....	16
3.4. Tratamentos.....	17
3.5. Delineamento experimental e análise estatística.....	17
3.6. Calagem, incubação e fornecimento de nutrientes.....	18
3.7. Condução do experimento.....	21
3.8. Colheita das plantas.....	22
3.9. Análise química das plantas.....	22
3.10. Parâmetros avaliados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Parâmetro de crescimento.....	24
4.1.1. Produção de material seco da parte aérea.....	24
4.1.1.1. Saturação por bases de 50%.....	24
4.1.1.2. Saturação por bases de 70%.....	27
4.2. Absorção de nutrientes.....	32
4.2.1. Zinco.....	32
4.2.1.1. Saturação por bases de 50%.....	32
4.2.1.1.1. Concentração.....	32
4.2.1.2.1. Acúmulo.....	35

	viii
4.2.1.2. Saturação por bases de 70%.....	44
4.2.1.2.1. Concentração.....	44
4.2.1.2.2. Acúmulo.....	49
4.2.2. Fósforo.....	59
4.2.2.1. Saturação por bases de 50%.....	59
4.2.2.1.1. Concentração.....	59
4.2.2.2.1. Acúmulo.....	67
4.2.2.2. Saturação por bases de 70%.....	74
4.2.2.2.1. Concentração.....	74
4.2.2.2.2. Acúmulo.....	82
4.2.3. Cálcio.....	91
4.2.3.1. Saturação por bases de 50%.....	91
4.2.3.1.1. Concentração.....	91
4.2.3.2.1. Acúmulo.....	94
4.2.3.2. Saturação por bases de 50%.....	99
4.2.3.2.1. Concentração.....	99
4.2.3.2.2. Acúmulo.....	101
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
6. CONCLUSÕES.....	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120

LISTA DE TABELAS

Página

1	Características químicas da amostra de terra coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, utilizada no estudo.....	17
2	Resultados das análises granulométrica e química da amostra de calcário utilizado no experimento.....	19
3	Quantidades e fontes de nutrientes utilizados no estudo.....	20
4	Resumo das análises de variância do material seco acumulado na parte aérea das plantas de café, em função da saturação por bases.....	24
5	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	25
6	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	26
7	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.....	27
8	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	28
9	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	29

10	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	32
11	Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	33
12	Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	35
13	Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	36
14	Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	37
15	Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	38
16	Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	41
17	Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	41

18	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	44
19	Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	45
20	Concentração de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	47
21	Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	49
22	Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	50
23	Quantidade acumulada de Zn nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	51
24	Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	52
25	Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	54

26	Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	54
27	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	59
28	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	60
29	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	61
30	Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	63
31	Concentração de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	65
32	Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	67
33	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	68
34	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	69

35	Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	70
36	Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	71
37	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	74
38	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.....	75
39	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	77
40	Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	78
41	Concentração de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	80
42	Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	82
43	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.....	83

44	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	84
45	Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	85
46	Quantidade acumulada de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	87
47	Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	91
48	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	92
49	Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	93
50	Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	93
51	Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%	94

52	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	95
53	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	96
54	Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	97
55	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	99
56	Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	100
57	Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	101
58	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.....	102
59	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	103

60	Quantidade acumulada de Ca nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	104
61	Quantidade acumulada de Ca nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	106
62	Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	108
63	Quantidade acumulada de Ca no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	110

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Curvas de resposta da produção de material seco acumulado na parte aérea das plantas de café em função da interação P * Zn.....	31
2	Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	40
3	Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	42
4	Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.....	43
5	Curvas de resposta do teor de zinco no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.....	48
6	Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	53
7	Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	56
8	Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	57
9	Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.....	58

10	Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	64
11	Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	66
12	Curva de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	72
13	Curva de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	73
14	Curvas de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	79
15	Curvas de resposta do teor de fósforo nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	81
16	Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	86
17	Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	88
18	Curvas de resposta do fósforo acumulado nas ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	90
19	Curva de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	98

20	Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	105
21	Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	107
22	Curvas de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	109
23	Curvas de resposta do cálcio acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.....	111

**EFEITO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE FOSFATO MONOAMÔNICO E
SULFATO DE ZINCO SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) EM CONDIÇÕES DE
DOIS NÍVEIS DE SATURAÇÃO POR BASES**

Autor: ROGER JESUS MUÑOZ HERNANDEZ

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

RESUMO

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, visando avaliar o efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco e fosfato monoamônico, sobre a nutrição mineral do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para dois níveis de saturação por bases.

O solo classificado como Latossolo vermelho amarelo, textura arenosa, foi coletado na camada de 0 - 20 cm e o ensaio conduzido em vasos de 10 dm³, sob delineamento experimental fatorial 3 x 3 inteiramente casualizado, com 3 repetições, sendo 3 doses de sulfato de zinco (0, 0,5 e 1,0%) e 3 doses de fosfato monoamônico (0, 0,5 e 1,0%) para dois níveis de saturação por bases (50 e 70%).

O solo estudado foi incubado com o material corretivo referente aos tratamentos, por 28 dias. As pulverizações das plantas foram realizadas de 30 em 30 dias.

A colheita foi efetuada aos 8 meses após o transplante. Foram coletados separadamente, caule, ramos e folhas e o material verde foi seco em estufa a 65°C. Foram avaliados o material seco da parte aérea, a concentração e a absorção de nutrientes pelas plantas.

Os resultados obtidos demonstraram que a saturação por bases de 50%, a adubação fosfatada influenciou positivamente a produção de material seca. Para a saturação por bases de 70%, a aplicação foliar de sulfato de zinco e fosfato monoamônico aumentou significativamente o crescimento. Houve redução na produção de material seco da parte aérea com aumentos da dose de sulfato de zinco, sendo as maiores produções obtidas pela aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50% e com as doses 0,41% de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico e 0,47% de sulfato de zinco com a dose 1,0% de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Para a saturação por bases de 50%, as doses de sulfato de zinco aplicadas aumentaram a concentração e o acúmulo de zinco e cálcio, enquanto os teores e as quantidades absorvidas de fósforo diminuíram com a aplicação de sulfato de zinco.

A aplicação foliar de fosfato monoamônico aumentou a concentração de fósforo e diminuiu a de cálcio, enquanto as quantidades de nutrientes absorvidos para fósforo aumentaram com o fosfato monoamônico aplicado e diminuíram para zinco e cálcio.

As folhas apresentaram as maiores concentrações e acúmulos de fósforo, zinco e cálcio, enquanto o caule mostrou as menores concentrações e conteúdos dos nutrientes.

Para a saturação por bases de 70%, a aplicação foliar de sulfato de zinco aumentou a concentração de zinco, fósforo e cálcio. O sulfato de zinco aplicado aumentou o acúmulo de zinco e diminuiu o de fósforo e cálcio.

Houve incremento na concentração e quantidade absorvida para fósforo e redução no acúmulo de cálcio com a aplicação foliar de fosfato monoamônico.

As folhas mostraram maiores teores e quantidades acumuladas de fósforo, zinco e cálcio. O caule apresentou menor teor e conteúdo dos nutrientes.

A interação fosfato monoamônico * sulfato de zinco afetou o crescimento e a nutrição mineral do cafeeiro. O teor e acúmulo de zinco, fósforo e cálcio foram influenciados pela absorção e translocação dos nutrientes.

**EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF MONOAMMONIUM PHOSPHATE
AND ZINC SULPHATE ON MINERAL NUTRITION OF COFFEE
(*Coffea arabica* L.) AT TWO SOIL BASE SATURATIONS**

Author: **ROGER JESUS MUÑOZ HERNANDEZ**

Adviser: **Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA**

SUMMARY

The experiment was carried out in green house of Soil Science Department at Agriculture Superior School "Luiz of Queiroz", USP, in order to evaluate the effect of foliar applications of monoammonium phosphate and zinc sulphate on mineral nutrition of coffee (*Coffea arabica* L.) at 50 or 70% of soil base saturation.

The soil red-yellow latossol, sandy, was collected in the 0-20 cm layer and the experiment was conducted in a 10 dm³ size pot trial, with a completely randomized 3 x 3 factorial design, with three replications, given three foliar sprays of monoammonium phosphate at 0, 0.5 and 1.0% and zinc sulphate at 0, 0.5 and 1.0% for two lime adjusted soil base saturations (50 and 70%).

The soil was incubated with lime treatments for 28 days. The foliar sprays were applied at 30 day intervals.

The plants were harvested at 8 months after transplanting. The material was divided into stem, branches and leaves and dried at 65°C.

Coffee herbage dry weights, nutrient concentrations and uptake were evaluated.

The results showed that phosphorus fertilization influenced positively dry matter production at 50% of soil saturation. Foliar applications of zinc sulphate and monoammonium phosphate improved the coffee growth at 70% of soil base saturation. There was a decrease in dry matter production of tops with the increase of zinc sulphate rates. The highest productions were obtained with foliar sprays of 0.5% monoammonium phosphate and 0.5% zinc sulphate at 50% of soil base saturation and foliar sprays of 0.5% and 1.0% monoammonium phosphate and 0.41% and 0.47% zinc sulphate respectively, at 70% of soil base saturation.

At 50% of soil base saturation the concentration and plant Zn and Ca uptake increased as zinc sulphate rates increased. The concentration and plant P uptake decreased with foliar application of zinc sulphate.

The monoammonium phosphate applied increased the concentration of P but decreased the concentration of Ca. Monoammonium phosphate application increased plant P uptake but decreased plant Zn and Ca uptake.

The highest concentrations and uptake of P, Zn and Ca were found in the leaves and the lowest concentrations and uptake were found in the stem.

At 70% of soil saturation the foliar application of zinc sulphate increased the concentrations of Zn, P and Ca. The zinc sulphate applied increased plant Zn uptake, but decreased plant P and Ca uptake.

There was an increasing in the concentration and Plant P uptake with foliar application of monoammonium phosphate. Decreases in plant Ca uptake with increases in monoammonium phosphate were observed.

The highest concentrations and uptake of P, Zn and Ca were found in the leaves and the lowest concentrations and uptake were found in the stem.

Monoammonium phosphate * zinc sulphate interaction affected growth and mineral nutrition of coffee. The concentrations and uptake of P, Zn and Ca were influenced by absorption and translocation of nutrients.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do café, a mais difundida na faixa tropical, contribui através das exportações dos produtos agrícolas, com aproximadamente 15% da receita total. Além de sua importância econômica, a área cultivada, distribuída principalmente pelos Estados de MG, SP, ES, PR e BA, mostra a relevância desta cultura na produção nacional.

Com a expansão da cafeicultura, atingindo áreas com solos de baixa fertilidade natural, notoriamente ácidos e pobres em nutrientes, são de suma importância, práticas de manejo dos solos para contornar essas limitações como incorporação de calcários, adubação equilibrada para obtenção de rendimentos agrícolas economicamente satisfatórios. Portanto, a pesquisa é fundamental para obter condições que permitam alcançar aumentos de produtividade.

Dentre os fatores que afetam a produtividade, a eficiência na absorção de nutrientes assume papel importante no sistema de produção agrícola. Para que uma planta se desenvolva normalmente, os elementos minerais devem encontrar-se em disponibilidade no solo e em concentrações adequadas nas plantas. O excesso ou

deficiência de apenas um deles pode provocar um desequilíbrio fisiológico que resultará em prejuízos de desenvolvimento.

Vários trabalhos têm sido conduzidos na nutrição do cafezal, porém, é necessário um conhecimento profundo dos nutrientes nos programas de adubação, além do comportamento do cafeeiro durante os seus vários estágios de desenvolvimento. Também é necessário quantificar cada nutriente na matéria seca das plantas, de forma a possibilitar a melhoria da nutrição.

A adubação é uma prática agrícola que tem o objetivo de aumentar a concentração dos elementos essenciais na solução do solo sempre que a velocidade de transferência da fase sólida for insuficiente ou a concentração dos elementos for baixa, tornando o solo deficiente nos elementos. Entretanto, o uso da adubação foliar tem demonstrado sua importância e se tornado cada vez mais comum devido à eficiência e à rápida absorção dos nutrientes através das folhas, em relação à adubação tradicional via solo e sistema radicular.

Com base nessas premissas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da saturação por bases e da aplicação foliar de fosfato monoamônico e sulfato de zinco na nutrição mineral de plantas de café (*Coffea arabica* L.), para dois níveis de saturação por bases.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O zinco no solo e na planta

2.1.1. Aspectos gerais

O zinco tem se constituído num nutriente cuja carência é comumente encontrada nos cafezais de todas as regiões em que é cultivado, sendo um dos nutrientes mais limitantes à produção de café (Malavolta, 1986). A disponibilidade de zinco é baixa em solos argilosos, intemperizados e com altos teores de óxidos de ferro, alumínio e manganês e é prejudicada pela elevação do pH decorrente da calagem e pela adição desequilibrada de adubos fosfatados (Camargo, 1988; Souza & Ferreira, 1991) o que dificulta o seu fornecimento via solo.

2.1.1.1. Funções

A função mais importante do zinco nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas. A participação do zinco está associada ao metabolismo de carboidratos e proteínas, de fosfatos e também na formação de auxinas, RNA e ribossomas (Malavolta, 1980; Dechen et al., 1991).

2.1.1.2. Sintomas de deficiência

Os sintomas típicos da carência de zinco no cafeeiro são, em geral, mais acentuados na face do pé-de-café e nos ponteiros superiores. A deficiência consiste no encurtamento de internódios, morte de gemas terminais e superbrotamento, folhas novas, estreitas, lanceoladas e coriáceas, formação de um tufo ou roseta de folhas novas na ponta do ramo e depois da poda, folhas dobradas ao longo da nervura principal e com margens amareladas, além de frutos menores (Malavolta, 1980; Malavolta, 1993).

2.1.1.3. O zinco na adubação foliar na cafeicultura

Para atender as demandas vegetativa e produtiva do cafeeiro, tem sido sugerida a nutrição foliar como o modo mais eficiente de suprimento de zinco.

Pereira et al. (1965), estudando a translocação de diferentes compostos, observaram menor mobilidade do ^{65}Zn no cafeeiro que em outras plantas.

Ao avaliar uma técnica para estudos de absorção por folhas inteiras de cafeeiro, Blanco et al. (1971) observaram que a velocidade de absorção de uma solução de sulfato de zinco, foi ascendente para as 24 horas iniciais, tendendo a estabilizar-se nas 24 horas subseqüentes.

Blanco et al. (1972a) verificaram que a absorção de Zn por tecido foliar de cafeeiro, inicialmente, foi rápida e linear em função do tempo, até os 40 minutos. Após esse período, a absorção diminuiu de intensidade, representando, em cada 10 minutos, um quarto da quantidade retirada no período inicial pelo mesmo espaço de tempo.

Estudando o efeito da taxa de absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro provocada por diversos sais, Blanco et al. (1972b) mostraram que o teor médio de Zn absorvido quando o elemento foi fornecido pelo nitrato de zinco, foi significativamente menor que aquele dado pelo sulfato de zinco. As absorções com acetato de zinco e cloreto de zinco apresentaram uma posição intermediária dentro dos compostos usados como fontes de Zn, sendo o sulfato de zinco o composto que permitiu maior absorção.

Paula (1975) encontrou uma relação linear entre o nível de zinco aplicado e o teor foliar em *Coffea arabica* L., variedade Mundo Novo. A pulverização com sulfato de zinco diminuiu o teor de fósforo e cálcio nas folhas.

Silva (1979) ao avaliar a influência de doses de sulfato de zinco aplicadas por via foliar no cafeeiro, observou que as doses de 1,0 e 2,0 g de sulfato de zinco por 150 ml de solução, mostraram as maiores produções, com teores de zinco nas folhas respectivamente de 19,4 mg kg⁻¹ e 15,9 mg kg⁻¹. A aplicação de 6,0 g de sulfato de zinco incrementou a produção em 82%. As doses aplicadas a partir de 8,0 g de sulfato de zinco até 18,0 g causaram um decréscimo na produção e o teor de zinco nas

folhas atingiu 41 mg kg^{-1} . As folhas mais novas apresentaram-se coriáceas e quebradiças, com um amarelecimento generalizado.

Garcia et al. (1980), estudando a absorção de zinco via foliar pelo cafeeiro, na presença de outros sais, observaram que o foliar completo NPK-Mg e o MAP mostraram efeito ligeiramente antagônico à absorção de zinco, porém, os níveis obtidos ainda foram suficientes para suprir o cafeeiro. A uréia, o sulfato e o cloreto de potássio apresentaram efeitos positivos na absorção, com destaque para o cloreto de potássio, evidenciando o efeito benéfico dos íons cloreto.

Garcia & Salgado (1981) ao estudarem a eficiência de diversas fontes de zinco, observaram que a absorção do zinco pelo cafeeiro foi mais eficaz pelo cloreto de zinco que pelo sulfato de zinco. Também o nitrato promoveu uma melhor absorção do zinco. As doses de $0,162 \text{ g}$ de Zn na forma de cloreto ou nitrato resultaram em níveis foliares semelhantes àqueles obtidos com a dose de $0,325 \text{ g}$ de Zn na forma de sulfato.

Martins et al. (1981) fornecendo zinco foliar ao cafeeiro, notaram uma correlação positiva entre os níveis de zinco e a produção e o tamanho dos grãos de café.

Oliveira et al. (1981) comparando o fornecimento não radicular de fontes de zinco em cafeeiro constataram que a produção máxima calculada de café beneficiado foi obtida com aplicação de $1,17\%$ de NZN, fertilizante líquido nitrogênio-zinco. A aplicação de doses crescentes de NZN provocou aumento nas concentrações de zinco, na grande safra os teores cresceram de 47 mg kg^{-1} até 158 mg kg^{-1} . A concentração de zinco relacionada com a maior produção do cafeeiro foi 20 mg kg^{-1} .

Fenner & Adamson (1982) constataram que a pulverização com ZnO_2 aumentou a concentração foliar de zinco de 31 mg kg^{-1} até 51 mg kg^{-1} . As plantas de café não pulverizadas mostraram teores de $11-17 \text{ mg kg}^{-1}$.

Garcia et al. (1983) concluíram que os adubos foliares formulados, se usados com equivalência nos teores de zinco, equivalentes à aplicação feita na forma de sulfato de zinco, poderão ter comportamento semelhante, porém o custo pode ser fator limitante.

Guimarães et al. (1983) avaliando o efeito do fornecimento foliar do sulfato de zinco na produção e composição mineral das folhas de cafeeiro, encontraram que os tratamentos sulfato de zinco a 1% em uma aplicação e sulfato de zinco a 0,5% em três aplicações promoveram as máximas produções, tratamentos que garantiram nas folhas $21-25 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn, faixa acima da qual a produção caiu.

Kupper et al. (1983) aplicando doses crescentes de óxido e sulfato de zinco em cafeeiro em produção, notaram maior teor foliar no tratamento pulverizado com 0,6%, quando comparada com a aplicação no solo.

Pereira et al. (1984) ao avaliar produções de café obtidas com diferentes doses e diferentes modos de aplicação de duas fontes de zinco, observaram aumentos de produção da ordem de 35 a 71%, com a aplicação foliar em relação à testemunha. Com a aplicação em cobertura única, o sulfato de zinco apresentou melhores resultados com as maiores doses, sendo que o óxido de zinco mostrou melhores resultados com menores doses.

Santinato et al. (1986) ao compararem o sulfato e o quelato de zinco na aplicação foliar no cafeeiro, encontraram equivalência do sal e do quelato testado no fornecimento de zinco, até os 60 dias após a aplicação. As quantidades aplicadas, 0,26 g de zinco e 0,07 g de zinco, respectivamente, foram suficientes para manter o nível de zinco foliar acima do limiar ($> 10 \text{ mg kg}^{-1}$) até os 60 dias após a aplicação, ficando condicionado o uso do quelato em substituição ao sal, a fatores comerciais.

Abrahão et al. (1989) objetivando verificar a influência do cloreto de potássio na absorção de zinco constataram uma tendência do cloreto de potássio em aumentar a absorção de sulfato de zinco. A utilização de sulfato de zinco elevou de maneira linear a concentração de zinco nas folhas.

Com o objetivo de avaliar o efeito do zinco na produção e estado nutricional do cafeeiro, Chaves (1989) verificou resposta quanto ao uso de zinco, especialmente quando aplicado via foliar e em presença de calcário. A utilização de sulfato de zinco a 0,5% em duas pulverizações anuais foi suficiente para suprir a demanda do nutriente, conferindo aumentos na produtividade de mais de 100% em relação ao tratamento com ausência de zinco e presença de calcário. Os teores de zinco na folha se apresentaram dentro de padrões considerados como altos e as aplicações no solo não contribuíram para elevar os teores do elemento na folha a valores considerados como adequados.

Ao avaliar a eficiência na correção, suprimento e manutenção do teor de zinco foliar adequado ao cafeeiro, Santinato & Camargo (1989) concluíram que a associação do cloreto de potássio 1% com o sulfato de zinco 0,6%, bem como o

produto comercial Ager zinco testado, pela eficiência superior ao sulfato de zinco 0,6% isolado, mostraram que pode-se reduzir a dose de zinco por planta e por vez, para 4 a 8 vezes menos.

Abrahão et al. (1990) estudando os efeitos de aplicações foliares com sulfato de zinco, na ausência e presença de cloreto de potássio concluíram que doses crescentes de sulfato de zinco, via foliar, bem como o número de aplicações, provocaram um aumento linear no teor foliar de zinco. Na dosagem utilizada, o cloreto de potássio aumentou a absorção de zinco, em média, 167%, afetando de forma negativa a produção.

Utilizando cloreto de potássio e oxiclreto de cobre, Cordeiro et al. (1990) estudaram os efeitos na absorção foliar de zinco pelo cafeeiro. Na ausência de oxiclreto de cobre, os teores máximos de zinco ocorreram após 27 e 36 horas do início da absorção para as doses de KCl de 0,4 e 0,73%, respectivamente. Quando se utilizou oxiclreto de cobre 0,8%, estes tempos estenderam-se além das 48 horas do estudo. Sem levar em consideração a concentração foliar de zinco mais adequada ao crescimento do cafeeiro, os tempos para atingir um teor foliar equivalente, a 100 mg kg^{-1} de zinco foram sempre menores na ausência de oxiclreto de cobre.

Rena et al. (1990) verificaram o efeito da presença de uréia e cloreto de potássio, sobre a absorção foliar de zinco pelo cafeeiro. A uréia não aumentou a absorção de zinco pelas folhas do terceiro par foliar. A adição de cloreto de potássio à calda de absorção resultou em um aumento de 4 vezes, aproximadamente, no teor foliar de zinco.

Ao estudar os efeitos do adubo foliar formulado no fornecimento de zinco em comparação à aplicação de sais na cultura do café, Costa et al. (1992) observaram que doses crescentes de adubo foliar formulado corresponderam a níveis crescentes de zinco na folha. As maiores produções médias de café beneficiado de três anos agrícolas foram obtidas com adubo foliar formulado a 0,50 e 0,75 % e com os sais diferindo estatisticamente da testemunha.

Estudando o efeito do cloreto de potássio na absorção e mobilidade do zinco quando aplicado às folhas do cafeeiro, Fávoro (1992) encontrou que o cloreto de potássio aumentou a absorção foliar de zinco pelo cafeeiro. O teor foliar do potássio não se alterou. A absorção foliar de zinco foi bastante rápida. Cerca de 60 a 70% do teor máximo de zinco foi alcançado com apenas três horas de absorção. O uso de cloreto de potássio provocou aceleração ainda maior no processo. A produção máxima associou-se a um teor foliar de 20 mg kg⁻¹.

2.2. Fósforo no solo e na planta

2.2.1. Aspectos gerais

As quantidades de fósforo contidas no pé-de-café são relativamente pequenas. Mesmo assim, costuma-se colocar doses muito pesadas de P₂O₅ nas covas e nos sulcos de plantio. No início do seu desenvolvimento o pé-de-café parece ser pouco eficiente para absorver fósforo seja por ter pequena capacidade de absorção, seja por

apresentar sistema radicular reduzido ou pelas duas coisas (Malavolta, 1980). A disponibilidade é influenciada pelo fenômeno de fixação ao ferro, ao alumínio e ao cálcio que insolubiliza o fósforo e faz com que o elemento caminhe pouco no solo por difusão até encontrar a raiz (Malavolta, 1980).

2.2.1.1. Funções

O fósforo exerce papel importante na floração, na frutificação e na maturação dos frutos (Guimarães & Ponte, 1978). O fósforo possui função estrutural na vida da planta como fosfolipídeos de membranas, ésteres de carboidratos, nucleotídeos. Outra participação importante do fósforo está relacionada ao armazenamento e fornecimento de energia, que é utilizada em processos como fotossíntese, biossíntese do amido, síntese dos triglicérides (Malavolta, 1980).

A marcante resposta das plantas à nutrição fosfatada, verificada principalmente no estágio inicial, pode estar associada ao papel do fósforo na síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuar no processo de absorção iônica, além de ter grande influência sob o desenvolvimento do sistema radicular (Malavolta, 1980).

2.2.1.2. Sintomas de deficiência

Os sintomas de carência se manifestam nas folhas mais velhas como uma coloração verde e sem brilho, seguida de grandes manchas cloróticas e depois necróticas. Ocorre também queda prematura das folhas que pode ser total, diminuição na floração e no pegamento, além de menor desenvolvimento das raízes (Malavolta, 1980; Malavolta, 1993).

2.2.1.3. O fósforo na adubação foliar na cafeicultura

A absorção de fósforo por via foliar tem-se mostrado superior à radicular, com influências significativas na produção (Camargo & Silva, 1975).

A mobilidade elevada do ^{32}P foi verificada por Gopal & Balasubramanian (1975) em estudos sobre a absorção e translocação em plantas de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre com 8 e 15 meses de idade. As plantas de *Coffea arabica* L. com 8 meses de idade mostraram uma atividade elevada com a aplicação de ^{32}P via substrato, no entanto, em plantas de *Coffea canephora* Pierre com 8 meses de idade e em ambas espécies com 15 meses de idade, a atividade nas plantas foi máxima com a aplicação de ^{32}P via foliar. Os autores sugerem que a capacidade de absorção das folhas incrementa com a maturidade das plantas, ressaltando a importância do suprimento do fósforo no substrato na fase de viveiro das mudas, enquanto nas

condições de campo, a aplicação foliar promove maior eficiência na absorção e utilização do fósforo pelas plantas.

Moraes & Cervellini (1975) observaram reações favoráveis decorrentes da aplicação foliar do fosfato monoamônico no crescimento de cafeeiros novos.

Avaliando a eficiência de absorção e translocação de ^{32}P por via foliar na forma de solução de superfosfato em *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, Gopal et al. (1977) constataram, 48 horas após a aplicação da solução, uma alta atividade nas diferentes partes da planta, principalmente nas folhas maduras, no entanto, se registrou uma maior absorção e translocação de fósforo no caso do *Coffea canephora* Pierre.

Moraes et al. (1979) verificaram influência significativa da aplicação de fosfato monoamônico por via foliar em cafezal, quando comparada ao controle sem adubo.

Bragança et al. (1981) ao avaliarem os efeitos de diversas modalidades de aplicação de fósforo não observaram influência significativa sobre a produção do cafeeiro, do fósforo aplicado por via foliar com superfosfato triplo a 1 %, tanto para os cafeeiros que receberam fósforo no plantio como para os que não receberam.

Garcia et al. (1983) observaram ser possível substituir o fósforo da adulação do solo por via foliar.

Barros et al. (1984) concluíram que a adubação fosfatada via solo, em cobertura na projeção dos ramos ou sob a saia do cafeeiro e enterrada na projeção dos

ramos, bem como via foliar, com 4 e com 8 aplicações por ano não aumentou significativamente a produção.

Objetivando estudar o efeito da aplicação de P_2O_5 via solo na formação do cafeeiro, bem como o seu fornecimento via foliar, Lacerda et al. (1986) constataram que a adubação fosfatada utilizada foi eficiente e se correlacionou diretamente com a produção. Os autores concluíram que o fornecimento de P via foliar, através de 4 pulverizações com MAP à 5% apresentou-se equivalente às menores doses de fósforo por cova utilizadas, indicando que a via foliar não é adequada no suprimento de fósforo na formação do cafeeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido sob condições de casa-de-vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Campus de Piracicaba, cujas coordenadas geográficas médias são: 22°42'30'' de latitude, 47°38'00'' w de longitude e 576 m de altitude.

3.2. Caracterização e preparo do solo

Para a realização deste trabalho foi utilizado um latossolo vermelho amarelo, textura arenosa, proveniente do município de Piracicaba (SP). As mostras simples de terra foram coletadas às profundidades de 0 a 20 cm de uma gleba homogênea e reunidas em uma amostra composta. Após homogeneização, a amostra seca ao ar (TFSA) foi passada em peneira com malha de 2 mm de abertura, homogeneizada e subamostrada para as análises de fertilidade do solo de rotina.

3.3. Caracterização química do substrato

A amostra de solo da terra coletada foi submetida às seguintes análises químicas, segundo metodologia preconizada pelo Instituto Agronômico de Campinas (Raij & Quaggio, 1983), Estado de São Paulo.

- pH em solução centimolar de CaCl_2 , determinado por potenciometria na relação solo-solução de 1:2,5;
- matéria orgânica segundo o método descrito por Quaggio & Raij (1979);
- fósforo disponível extraído com resina trocadora de ânions e dosado por fotolorimetria;
- potássio trocável, extraído com resina trocadora de cátions e dosado por fotometria de chama;
- cálcio e magnésio trocáveis, extraídos com resina trocadora de cátions e dosados por espectrofotometria de absorção atômica;
- acidez titulável (H + Al) determinada pela solução tampão SMP de Shoemaker et al. (1961) pH 7,5;

As características químicas originais deste solo são apresentadas na Tabela 1, conforme análise efetuada no Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

Tabela 1 - Características químicas da amostra de terra coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, utilizada no estudo¹.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
3,9	18	3	0,5	2	2	34	5	39	12,82

¹Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

3.4. Tratamentos

Os tratamentos constituíram-se da aplicação foliar combinada de doses crescentes de fosfato monoamônico (NH₄H₂PO₄) e sulfato de zinco (ZnSO₄ · 7H₂O) para dois níveis de saturação por bases (50 e 70%).

3.5. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo constituído por três doses de sulfato de zinco (0; 0,5 e 1%) e três doses de fosfato monoamônico (0; 0,5 e 1%), envolvendo nove tratamentos que com as três repetições para cada tratamento e os dois níveis de saturação por bases, totalizaram 54 vasos. A unidade experimental consistiu de um vaso com capacidade para 10 dm³.

A análise estatística dos resultados foi feita utilizando-se o programa SAS, com análises de variância com significância pelo teste F aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, segundo Gomez (1990) e a seguinte análise de variância:

Causa da variação	GL
P (doses de fosfato monoamônico)	2
Zn (doses de sulfato de zinco)	2
Interação P * Zn	4

O efeito dos fatores simples foi comparado através do teste de médias de Tukey.

Quando constatava-se efeito significativo pelo teste F para uma determinada causa de variação, efetuou-se o desdobramento para regressão linear e quadrática, utilizando o teste F e o coeficiente de determinação para escolher a regressão que melhor se ajustasse aos resultados.

3.6. Calagem, incubação e fornecimento de nutrientes

Inicialmente foi determinada a capacidade de retenção de água da amostra de solo escolhido para o experimento, visando manter sempre o teor de umidade em torno de 0,3 bar.

Para neutralizar a acidez, utilizou-se o método baseado no critério de saturação por bases (Raij, 1991). A Tabela 2 mostra os resultados das análises granulométrica e química do calcário utilizado no experimento.

Tabela 2 - Resultados das análises granulométrica e química da amostra de calcário utilizado no experimento.

	%
malha/polegada	
10	99,26
20	91,54
30	60,15
CaO	37,52
MgO	15,72
PN	106,14
RE	83,72
PRNT	88,87

A partir dos dados das Tabelas 1 e 2, calculou-se a calagem para se atingir os níveis de saturação pretendida. A aplicação de calcário para cada repetição dos diferentes tratamentos foi feita espalhando-se 10 dm³ do solo em uma bandeja de plástico, distribuindo-se uniformemente o material corretivo correspondente a cada tratamento, sendo bem misturado depois de cada adição.

Após a aplicação do calcário e da homogeneização das amostras, o solo foi transferido para os respectivos vasos. A seguir, iniciou-se a incubação em casa de vegetação, por um período de 28 dias, mantendo o teor de umidade próximo à 0,3 bar.

Findo este período, o solo de cada vaso foi misturado, submetido à secagem ao ar até atingir umidade constante. As amostras de solo foram transferidas para bandejas de plástico, procedendo-se à adubação com micronutrientes e uma adubação fosfatada inicial, conforme especificado na Tabela 3. As amostras de solo foram bem misturadas e homogeneizadas, retornando em seguida aos vasos. Um dia antes do transplante das mudas, o solo foi umedecido de modo a se obter aproximadamente 0,3 bar.

Tabela 3 - Quantidades e fontes de nutrientes utilizados no estudo.

Nutriente	Concentração (mg dm ⁻³)	Fonte	Dose Adicionada (mg/vaso)
Ferro	10	FeSO ₄ . 7H ₂ O	500,00
Manganês	10	MnSO ₄ . H ₂ O	307,692
Cobre	5	CuSO ₄ . 5H ₂ O	208,333
Molibdênio	1	NaMoO ₄ . 2h ₂ O	25,253
Boro	5	H ₃ BO ₃	285,714
Fósforo	100	Superfosfato triplo	5088,09

3.7. Condução do experimento

As mudas transplantadas (1 planta/vaso), linhagem Icatu IAC 4045, tinham de 2 a 3 pares de folhas.

Após o transplante, no controle da irrigação durante a condução do experimento, as plantas recebiam diariamente uma quantidade de água desionizada equivalente àquela evapotranspirada de cada vaso.

Aos 7 dias após o transplante, foi realizada adubação nitrogenada e potássica em cobertura, utilizando, respectivamente, nitrato de amônio (NH_4NO_3) e cloreto de potássio (KCl), à base de 100 mg dm^{-3} para cada aplicação.

A partir deste momento, o nitrogênio e o potássio foram aplicados e parcelados 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplante na forma de NH_4NO_3 e KCl em solução, à base de 100 mg dm^{-3} .

As pulverizações das plantas foram realizadas de 30 em 30 dias, no período de agosto a dezembro de 1996, tomando-se o cuidado de atingir todas as suas partes, adicionando-se espalhante adesivo a 0,02 %, aplicando-se aproximadamente 20 ml por planta.

Durante a aplicação dos tratamentos, colocou-se um disco de isopor na parte superior do vaso para evitar o contato direto das soluções com o solo.

3.8. Colheita das plantas

O experimento foi encerrado aos 8 meses após o transplante, cortando-se as plantas rente à terra. Foram coletados separadamente caule, ramos e folhas.

As folhas em estudo foram lavadas para remoção de excessos de solução pulverizadora, poeiras e outras sujeiras em água corrente, com o auxílio de uma esponja macia, e, posteriormente, em água destilada.

O material verde foi acondicionado em sacos de papel, submetendo-o, posteriormente, à secagem em estufa com ventilação forçada, com temperatura em torno de 65°C, até que atingisse peso constante. Os parâmetros mensurados, por ocasião da coleta, foram os seguintes: peso do material seco (M.S.) de caule, ramos e folhas. A parte aérea seca de cada tratamento foi passada por moinho tipo Willey para se fazer a análise mineral.

3.9. Análise química das plantas

Os teores totais dos nutrientes presentes no caule, ramos e folhas foram determinados conforme técnica descrita por Sarruge & Haag (1974) e Malavolta et al. (1989) no Laboratório de Análise de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

3.10. Parâmetros avaliados

Material seco do caule, ramos e folhas.

Com base nos dados de produção de material seco do caule, ramos e folhas e dos seus teores de nutrientes, foi determinada a quantidade dos nutrientes, acumulada no caule, ramos e folhas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetro de crescimento

4.1.1. Produção de material seco da parte aérea

4.1.1.1. Saturação por bases de 50%

Os resultados das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo total de material seco na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 4. Houve efeito significativo do fator Zn (doses de sulfato de zinco) e da interação P * Zn.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância do material seco acumulado na parte aérea das plantas de café, em função da saturação por bases.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F Saturação por Bases (%)	
		50	70
P	2	3,64*	4,66*
Zn	2	1,2	10,32**
P * Zn	4	5,88**	16,13**
CV (%)		13,36	14,33

* Valores significativos a 5 % de probabilidade.

** Valores significativos a 1 % de probabilidade.

Os dados da Tabela 5 mostram resposta à aplicação de fosfato monoamônico. As maiores médias de produção de material seco foram obtidas nos tratamentos onde se aplicou a fonte.

Tabela 5 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Produção de material seco
%	g/vaso
0	37,179 a
0,5	39,469 ab
1,0	41,605 b
DMS 5%	2,460

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Dados semelhantes foram encontrados em experimentos de adubação com fósforo no substrato por Carvalho et al. (1976), Oliveira et al. (1977), Pavan et al. (1982), Souza (1987), Tonelli (1987), Clemente (1988) e Cardoso (1990).

Quanto à quantidade acumulada de material seco na parte aérea sob influência de interação P * Zn, a Tabela 6 revela que a aplicação da dose 0,5 % de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico promoveu maiores valores de acúmulo de material seco. Aumentando a dose de sulfato de zinco na solução de pulverização, nota-se decréscimos na produção de material seco das plantas. Tal efeito

depressivo nos rendimentos parece estar ligado a distúrbios nutricionais na planta. A absorção pelas plantas depende da atividade dos íons nos sítios de absorção (Marschner, 1986). Na absorção, ocorre uma interação não competitiva entre o P e o Zn, a inibição implica uma resposta diferencial de um nutriente pela presença de níveis variados de um segundo nutriente (Bataglia, 1988), dando como resultado quedas no crescimento e na produção (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1987)

Não houve ajuste dos dados aos modelos de regressão quadrático e linear testados.

Tabela 6 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%	g/vaso		
0	37,253 aA	41,767 aA	40,130 aA
0,5	35,302 aA	41,630 bA	37,600 abA
1,0	34,064 aA	39,770 aA	36,831 aA
DMS ¹ 5% : 6,010			
DMS ² 5% : 4,500			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

4.1.1.2. Saturação por bases de 70%

Os dados obtidos das análises de variância da produção total de material seco da parte aérea das plantas de café são apresentadas na Tabela 4. Houve efeito significativo para todas as causas de variação.

As médias do acúmulo total de material seco na parte aérea sob influência das doses de fosfato monoamônico (Tabela 7) mostram uma resposta crescente na quantidade acumulada de material seco à adubação fosfatada.

Tabela 7 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Produção de material seco
%	g/vaso
0	38,187 a
0,5	41,056 ab
1,0	43,433 b
DMS 5%	3,412

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Respostas marcantes à adubação fosfatada no substrato na fase inicial de desenvolvimento das plantas de cafeeiro, foram constatadas por Carvalho et al. (1976), Oliveira et al. (1977), Pavan et al. (1982), Souza (1987), Tonelli (1987), Clemente (1988) e Cardoso (1990).

A Tabela 8 apresenta o efeito das doses de sulfato de zinco sobre o material seco acumulado. Ocorreu um aumento na produção de material seco, resultante da aplicação da fonte utilizada.

Tabela 8 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Produção de material seco g/vaso
0	36,889 a
0,5	38,177 ab
1,0	39,717 b
DMS 5%	2,190

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Silva (1979) observou que a produção foi crescente entre 1,0 e 4,3 g, a partir desta dose a produção decaiu. Fenner & Adamson (1982) constataram aumentos de produção do cafeeiro, em função da aplicação foliar de óxido de zinco.

Resultados semelhantes em ensaios de adubação com zinco no substrato foram obtidos por Santo et al. (1983), Grillo & Silva (1985), Viana et al. (1984), Silva & Santinato (1986).

Analisando o efeito da interação P * Zn no acúmulo total de material seco, a Tabela 9 revela que a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco com a dose

0% de fosfato monoamônico aumentou significativamente a produção de material seco. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, houve maior acumulação de material seco com a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco.

Tabela 9 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g/vaso	
0	33,038 aA	35,951 aA	42,534 bB
0,5	39,638 abB	44,832 bB	33,936 aA
1,0	38,975 aB	49,516 bB	36,323 aA
DMS ¹ 5% : 6,220			
DMS ² 5% : 5,790			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico resultou em aumentos significativos no material seco acumulado para a dose 0,5% de sulfato de zinco. Entretanto, para a dose 1,0%, a aplicação de fosfato monoamônico causou uma redução na produção.

O acúmulo de material seco na parte aérea foi expresso por equações quadráticas como se verifica na Figura 1. Houve uma resposta crescente na quantidade

acumulada de material seco, conforme aumenta a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5% e 1,0% de fosfato monoamônico, o acúmulo de material seco total alcançou valores máximos de 45,052 g/vaso e 49,553 g/vaso pela aplicação das doses 0,41% e 0,47% de sulfato de zinco, respectivamente.

Pelos dados apresentados na Tabela 9 e Figura 1, nota-se que o aumento da dose de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, resultou em um efeito depressivo no material seco acumulado. Essa resposta nos rendimentos parece estar associada a desequilíbrios nutricionais na planta, principalmente àqueles induzidos por distúrbios metabólicos nas células da planta. A absorção depende da atividade dos íons nos sítios de absorção (Marschner, 1986), existe uma interação não competitiva entre o P e o Zn, com interferência nas funções metabólicas na planta, a inibição implica que a presença de níveis variados de um nutriente, provoca uma resposta diferencial de outro nutriente (Bataglia, 1988), dando como resultado quedas no crescimento e na produção (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1987).

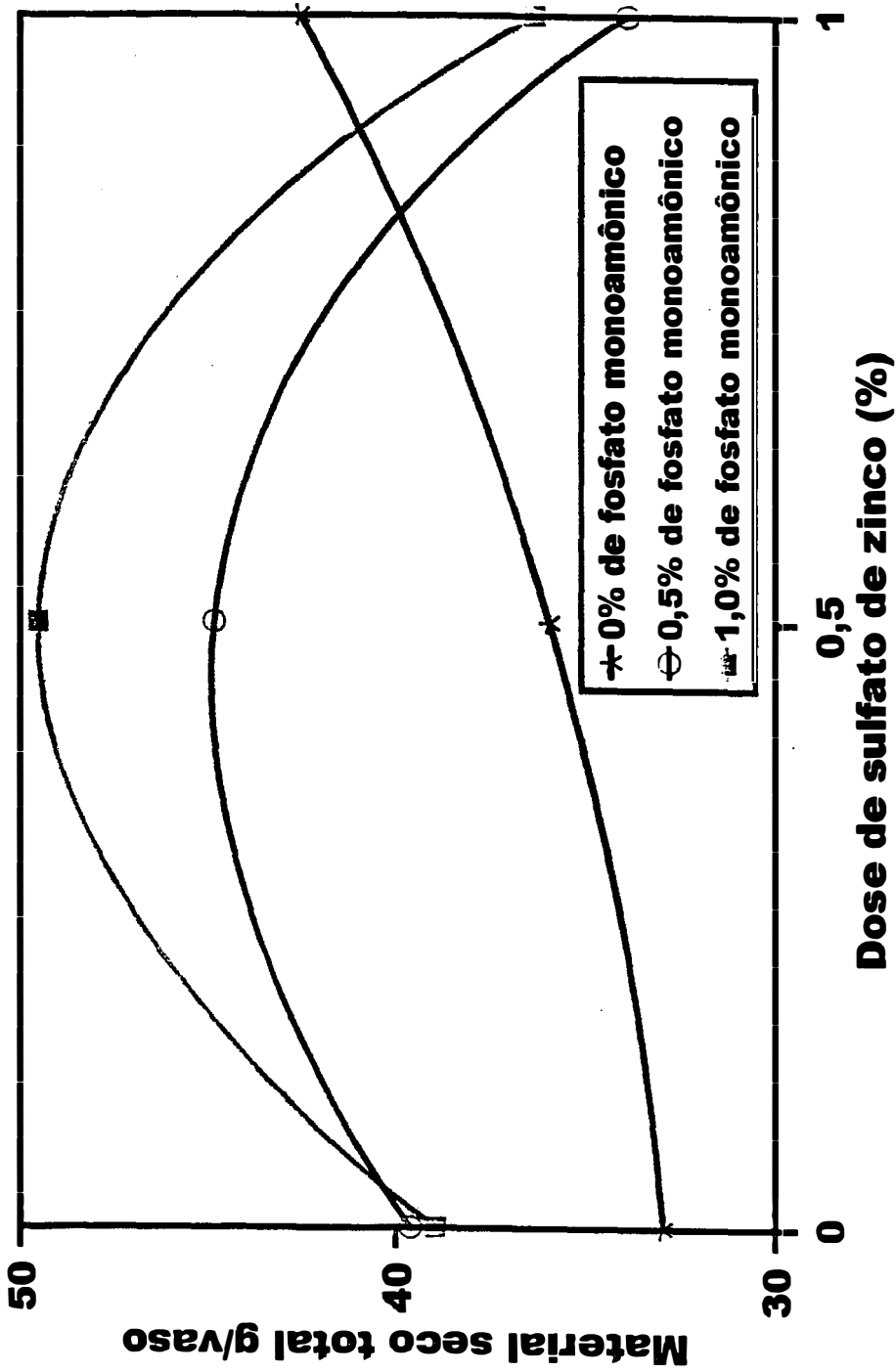


Figura 1. Curvas de resposta da produção de material seco acumulado na parte aérea das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P\ 0) = 33,03889 + 2,153333 * Zn + 7,342222 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y(P\ 0,5) = 39,63889 + 26,47556 * Zn - 31,17778 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y(P\ 1,0) = 38,97556 + 44,81667 * Zn - 47,46889 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

4.2. Absorção de nutrientes

4.2.1. Zinco

4.2.1.1. Saturação por bases de 50%

4.2.1.1.1. Concentração

Na Tabela 10 são apresentados os resultados das análises de variância dos dados do teor de zinco na parte aérea das plantas de café. Houve efeito significativo do fator Zn (doses de sulfato de zinco) na concentração do nutriente.

Tabela 10 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	1,12	0,32	0,54	0,91
Zn	2	529,16**	1.376,05**	2.555,98**	1.819,21**
P * Zn	4	0,61	0,91	1,23	0,26
CV (%)		16,90	8,92	8,57	10,30

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias do teor de zinco dos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 11.

Tabela 11 - Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg kg ⁻¹			
0	0,831 a	3,400 a	7,411 a	9,637 a
0,5	5,014 b	10,403 b	29,885 b	101,685 b
1,0	7,496 c	16,055 c	62,774 c	163,777 c
DMS 5%	1,951	5,024	1,877	6,197

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A concentração de zinco nas folhas velhas sob influência das doses de sulfato de zinco mostra que a aplicação resultou em aumentos significativos no teor de nutriente.

Quanto aos valores dos teores observados nas folhas novas, o acréscimo das doses de sulfato de zinco provocou um aumento significativo na concentração do nutriente.

De modo semelhante com as folhas, a aplicação de sulfato de zinco promoveu aumentos significativos nos teores de zinco nos ramos e caule.

Os resultados do presente trabalho são concordantes com as observações de Blanco et al. (1971), Paula (1975), Fenner & Adamson (1982), Guimarães et al. (1983), Kupper et al. (1983), Abrahão et al. (1990) e Fávaro (1992).

Resultados semelhantes em experimentos de adubação com zinco no substrato foram obtidos por Santo et al. (1983), Grillo & Silva (1985), Viana et al. (1984), Silva & Santinato (1986) e Moyses (1988).

O efeito das doses de sulfato de zinco aplicadas sobre os aumentos progressivos do teor de zinco nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café, evidencia que o zinco absorvido pelas folhas foi translocado para os ramos e caule.

O zinco é classificado como um elemento parcialmente móvel na planta (Malavolta, 1980). Os dados apresentados na Tabela 11 indicam uma baixa mobilidade do zinco quando aplicado na folha. As folhas novas possuem uma atividade metabólica mais elevada e uma cutícula mais permeável, que contribuiria para uma maior capacidade de absorção. Entretanto, os teores de zinco nas folhas velhas foram maiores do que os valores encontrados nas folhas novas. A baixa mobilidade do zinco aplicado às folhas pode ser atribuído ao pequeno transporte no floema ou à pequena afinidade a quelatos orgânicos (Malavolta, 1980; Marschner, 1986).

Pereira et al. (1962) ao avaliarem a translocação de diferentes compostos, observaram menor mobilidade do ^{65}Zn no cafeeiro que em outras plantas. Rena et al. (1990) notaram que os teores de zinco em folhas correspondentes ao terceiro par, pulverizado, foram sempre maiores que no segundo ou quarto pares não pulverizados. Resultado semelhante foi encontrado por Fávoro (1992), que constatou que os teores de zinco em folhas no primeiro par, do ápice de ramos plagiotrópicos primários, foram

mais elevados dos que os verificados em folhas referentes ao terceiro par. O autor observou, ainda, que não foi detectada translocação do zinco das folhas que receberam a pulverização para as folhas novas, que surgiram após a aplicação dos tratamentos.

4.2.1.2. Acúmulo

Os resultados das análises de variância dos valores de zinco acumulado na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 12. Houve efeito significativo dos dois fatores estudados e da interação sobre a quantidade acumulada do nutriente.

Tabela 12 - Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	4,53*	0,28	10,85**	1,85
Zn	2	413,97**	244,55**	355,35**	373,29**
P * Zn	4	3,46*	5,28**	6,26**	0,96
CV (%)		19,93	20,23	22,33	23,85

* Valores significativos a 5 % de probabilidade.

** Valores significativos a 1 % de probabilidade.

As médias da quantidade absorvida de zinco pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule $\mu\text{g}/\text{vaso}$	Folhas Novas $\mu\text{g}/\text{vaso}$
0	37,783 a	412,188 b
0,5	37,413 a	328,644 a
1,0	43,166 b	433,508 b
DMS 5%	5,157	57,350

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O efeito das doses de fosfato monoamônico aplicadas sobre as quantidades acumuladas de zinco nas folhas novas mostra que a aplicação da dose 0,5% causou uma redução significativa no acúmulo do nutriente.

Quanto ao caule, o conteúdo de zinco aumentou significativamente pela aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Estas observações sugerem que a depressão da absorção de zinco pode ser atribuída a um efeito de inibição sobre a mobilização de zinco na planta induzida pela adubação fosfatada.

As médias da quantidade acumulada de zinco nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 14.

Tabela 14 - Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas $\mu\text{g}/\text{vaso}$	Folhas Velhas
0	8,213 a	20,744 a	98,001 a	132,620 a
0,5	40,374 b	62,755 b	348,355 b	1.550,630 b
1,0	69,775 c	91,268 c	727,985 c	2.752,880 c
DMS 5%	15,357	7,732	77,150	231,370

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A quantidade de zinco nas folhas velhas foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. O acréscimo das doses promoveu um aumento significativo no acúmulo do nutriente.

Houve influência das doses de sulfato de zinco no conteúdo do nutriente nas folhas novas. A aplicação resultou em aumentos significativos nas quantidades acumuladas de zinco.

De modo semelhante com as folhas, o uso de doses crescentes de sulfato de zinco provocou maior acúmulo do nutriente nos ramos e caule.

A quantidade de zinco acumulada pelos diferentes componentes da parte aérea da planta, mostra uma tendência similar a da concentração do nutriente, aumentando com a dose de sulfato de zinco aplicada.

As folhas apresentaram maiores quantidades de zinco, em comparação com os ramos e caule, estas maiores quantidades do nutriente devem-se aos maiores teores de zinco e/ou material seco foliar produzido.

Quanto às quantidades acumuladas de zinco sob influência da interação P * Zn, o conteúdo de zinco nas folhas novas (Tabela 15) mostra que a aplicação de sulfato de zinco, independente da dose de fosfato monoamônico, aumentou significativamente a acumulação de nutriente.

Tabela 15 - Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	110,28 aA	396,20 bB	730,07 cB
0,5	80,47 aA	311,65 bA	593,80 cA
1,0	103,24 aA	337,20 bAB	860,07 cC
DMS ¹ 5% : 124,54			
DMS ² 5% : 62,25			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso da dose 0,5% de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco diminuiu significativamente as quantidades acumuladas de zinco.

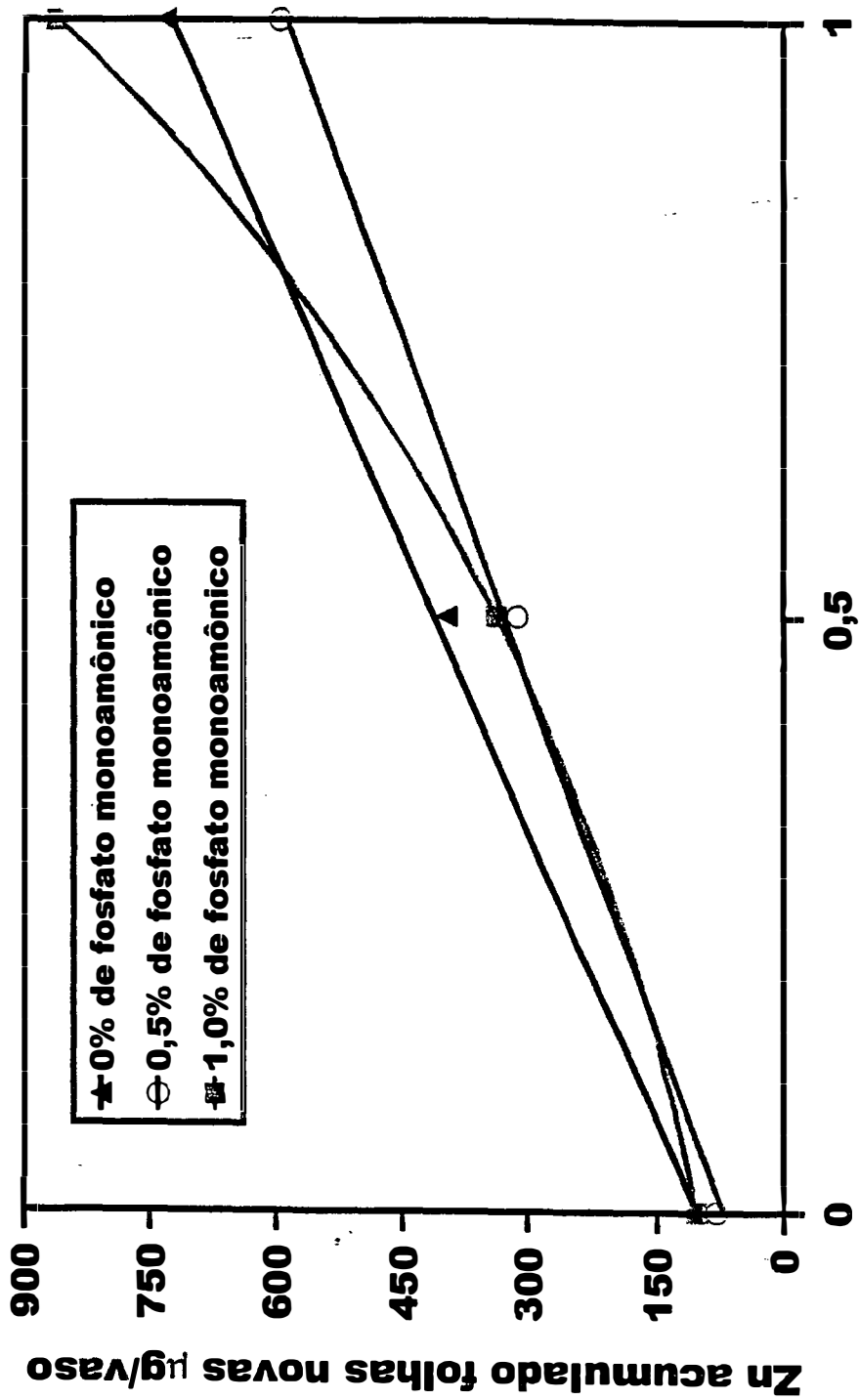
As curvas de regressão das quantidades absorvidas de zinco apresentaram um comportamento linear e quadrático (Figura 2). Houve uma resposta linear crescente à medida que aumenta a dose de sulfato de zinco com as doses 0 e 0,5% de fosfato monoamônico, enquanto que com a dose 1,0%, a resposta foi quadrática crescente.

Com relação ao acúmulo de zinco nos ramos (Tabela 16) e caule (Tabela 17), a aplicação de sulfato de zinco, independente das doses de fosfato monoamônico, provocou aumento nos conteúdos do nutriente.

O uso da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 1,0% de sulfato de zinco promoveu maior acumulação de zinco nos ramos e caule.

A quantidade de zinco absorvida pelos ramos e pelo caule, conforme as Figuras 3 e 4, mostrou um comportamento linear crescente.

Estes resultados mostram que a quantidade de zinco acumulado nos componentes da parte aérea, aumentou para as doses de fosfato monoamônico avaliadas, com o aumento da dose de sulfato de zinco aplicada. Entretanto, a aplicação da dose 0,5% de fosfato monoamônico para a dose 0,5% de sulfato de zinco, reduziu o acúmulo nas folhas novas e aumentou a acumulação nos ramos, sugerindo, portanto, a inibição da mobilização do zinco na planta.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 2. Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 102,293 + 619,7917 * Zn \quad R^2 = 0,859 *$$

$$Y (P 0,5) = 71,98039 + 513,3283 * Zn \quad R^2 = 0,865 *$$

$$Y (P 1,0) = 103,2429 + 179,0318 * Zn + 577,8004 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Tabela 16 - Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	26,084 aA	59,117 bA	87,459 cA
0,5	15,085 aA	72,142 bB	85,504 cA
1,0	21,062 aA	57,006 bA	100,841 cB
DMS ¹ 5% : 11,044			
DMS ² 5% : 12,672			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 17 - Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	10,021 aA	39,524 bA	63,805 cA
0,5	6,563 aA	39,795 bA	65,881 cA
1,0	8,055 aA	41,805 bA	79,639 cB
DMS ¹ 5% : 14,508			
DMS ² 5% : 6,150			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

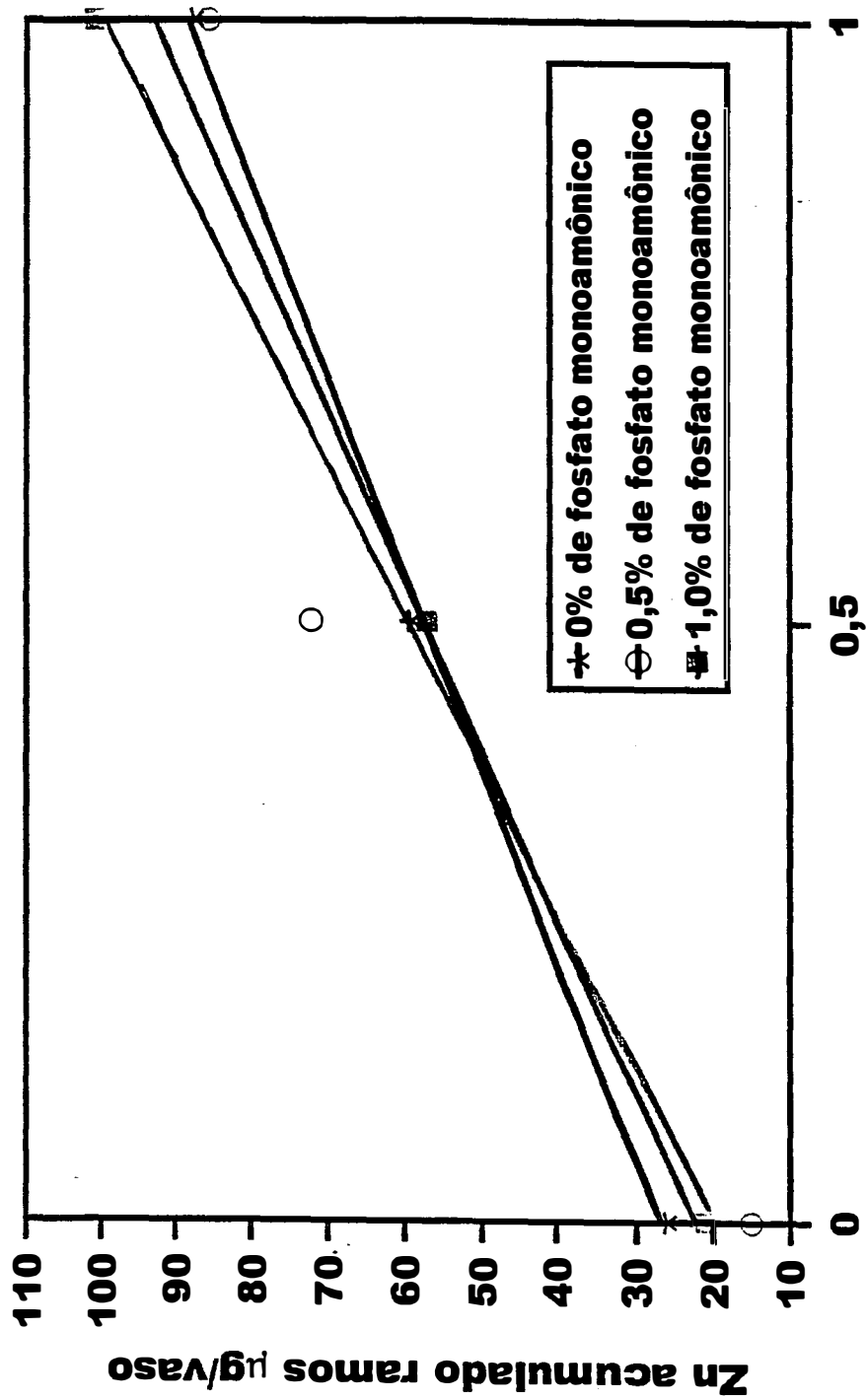
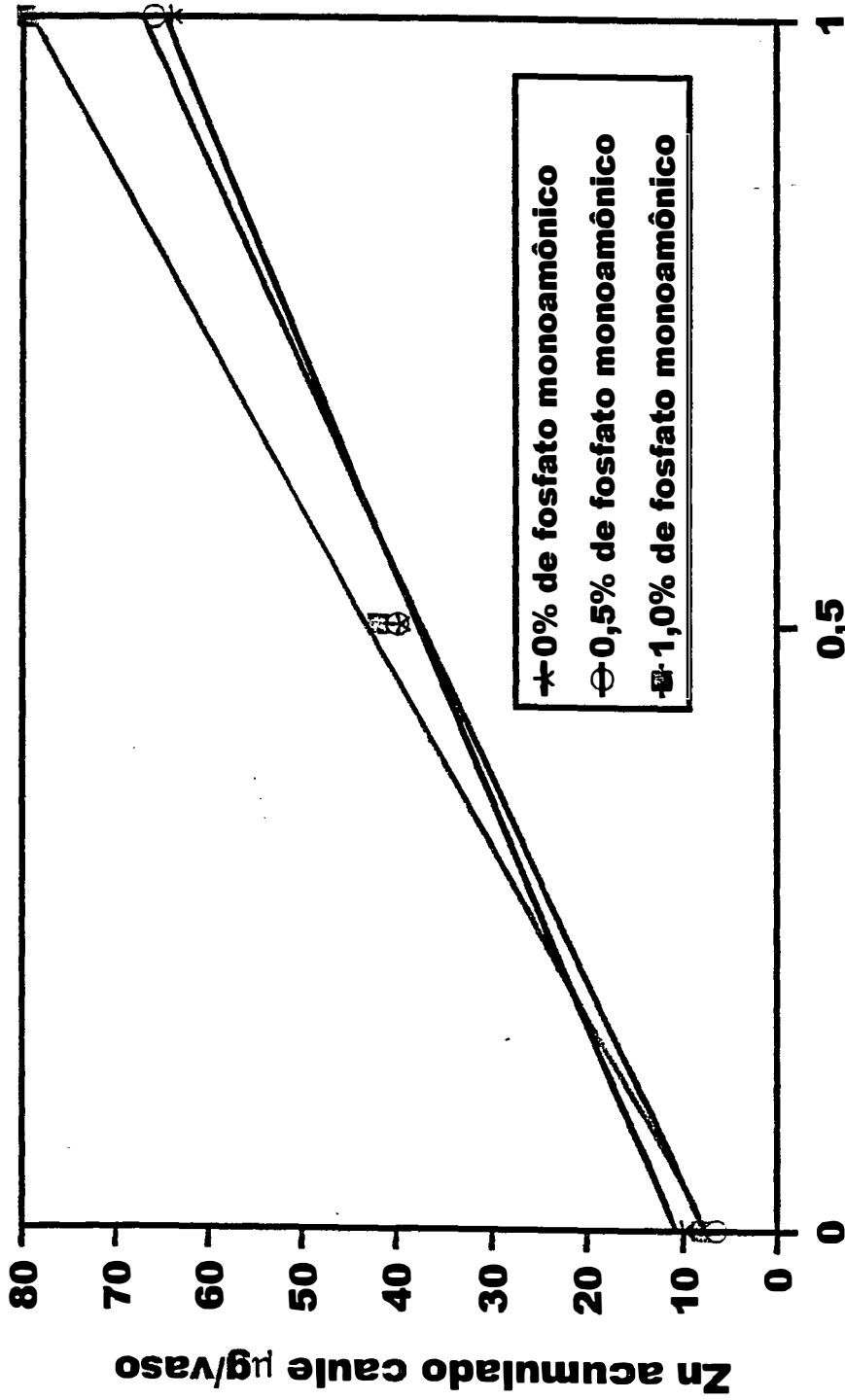


Figura 3. Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 26,86633 + 61,37533 * Zn \quad R^2 = 0,836 **$$

$$Y (P 0,5) = 22,36811 + 70,41911 * Zn \quad R^2 = 0,603 **$$

$$Y (P 1,0) = 19,74767 + 79,77889 * Zn \quad R^2 = 0,760 **$$



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 4. Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 10,89191 + 53,78367 * Zn \quad R^2 = 0,760 **$$

$$Y (P 0,5) = 7,754352 + 59,31789 * Zn \quad R^2 = 0,717 **$$

$$Y (P 1,0) = 7,374463 + 71,58433 * Zn \quad R^2 = 0,870 **$$

4.2.1.2. Saturação por bases de 70%

4.2.1.2.1. Concentração

As análises de variância dos teores de zinco na parte aérea das plantas indicam efeito significativo do fator Zn e da interação (Tabela 18).

Tabela 18 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	1,16	2,30	2,32	0,24
Zn	2	886,09**	3515,70**	621,50**	4830,65**
P * Zn	4	4,75**	0,74	1,03	1,71
CV (%)		12,44	6,04	15,64	7,13

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da concentração de zinco nas diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 - Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg kg ⁻¹			
0	1,055 a	3,714 a	5,625 a	9,533 a
0,5	5,744 b	12,681 b	23,603 b	92,096 b
1,0	7,866 c	20,818 c	40,514 c	202,277 c
DMS 5%	1,990	4,917	2,385	4,742

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco no teor de nutriente nas folhas velhas. A aplicação da fonte aumentou significativamente a concentração de zinco.

O efeito das doses de sulfato de zinco aplicadas sobre o teor de zinco nas folhas novas mostra que o acréscimo das doses da fonte proporcionou um aumento significativo na concentração do nutriente.

De forma semelhante ao observado nas folhas, o aumento das doses de sulfato de zinco testadas promoveu maior teor do nutriente nos ramos e caule.

Estes resultados concordam com as pesquisas de Blanco et al. (1972), que constataram maior concentração foliar de zinco no cafeeiro quando o nutriente foi fornecido pelo sulfato de zinco. Paula (1975) encontrou uma relação linear entre o nível de zinco aplicado e o teor foliar em *Coffea arabica* L. variedade Mundo Novo,

Guimarães et al. (1983) reportaram aumentos do teor foliar de zinco com o acréscimo das doses de sulfato de zinco utilizadas.

Grillo & Silva (1985) e Moyses (1985), em experimentos de adubação com zinco no substrato chegaram a resultados semelhantes.

O comportamento dos diferentes componentes da parte aérea das plantas com as doses de sulfato de zinco aplicadas revela a translocação do zinco das folhas aos ramos e caule.

Os dados da Tabela 19 mostram que as folhas velhas apresentaram maior concentração de zinco do que as folhas novas.

O zinco é considerado um elemento pouco móvel na planta (Malavolta, 1980). A baixa mobilidade do zinco aplicado às folhas pode ser atribuída ao pequeno transporte no floema ou à pequena capacidade de ligação a quelatos amônicos (Malavolta, 1980; Marschner, 1986).

Foi observado por Pereira et al. (1962), menor mobilidade do ^{65}Zn no cafeeiro que em outras plantas. Rena et al. (1990) constataram maiores teores de zinco em folhas no terceiro par, pulverizado, que no segundo ou quarto pares não pulverizados. Resultado semelhante foi verificado por Fávaro (1992), as folhas no primeiro par, do ápice de ramos plagiotrópicos primários, apresentaram teores mais elevados de zinco que as folhas no terceiro par. Não houve translocação do zinco das folhas pulverizadas para as folhas novas, que surgiram após a aplicação dos tratamentos.

Quanto à concentração de zinco no caule sob influência da interação P * Zn, a Tabela 20 mostra que a aplicação de sulfato de zinco independente das doses de fosfato monoamônico causou um aumento significativo no teor do nutriente.

Tabela 20 - Concentração de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg kg ⁻¹	
0	1,011 aA	5,633 bA	8,022 cB
0,5	1,077 aA	5,577 bA	8,388 cB
1,0	1,077 aA	6,022 bA	7,188 cA
DMS ¹ 5% : 0,520			
DMS ² 5% : 0,816			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 1,0% de sulfato de zinco diminuiu significamente a concentração do nutriente.

Conforme a Figura 5, houve respostas linear e quadrática do teor de zinco no caule. Ocorreu um efeito linear crescente pela aplicação de sulfato de zinco na presença da dose 0,5% de fosfato monoamônico. No caso das doses 0 e 1,0% de fosfato monoamônico, o efeito foi quadrático crescente.

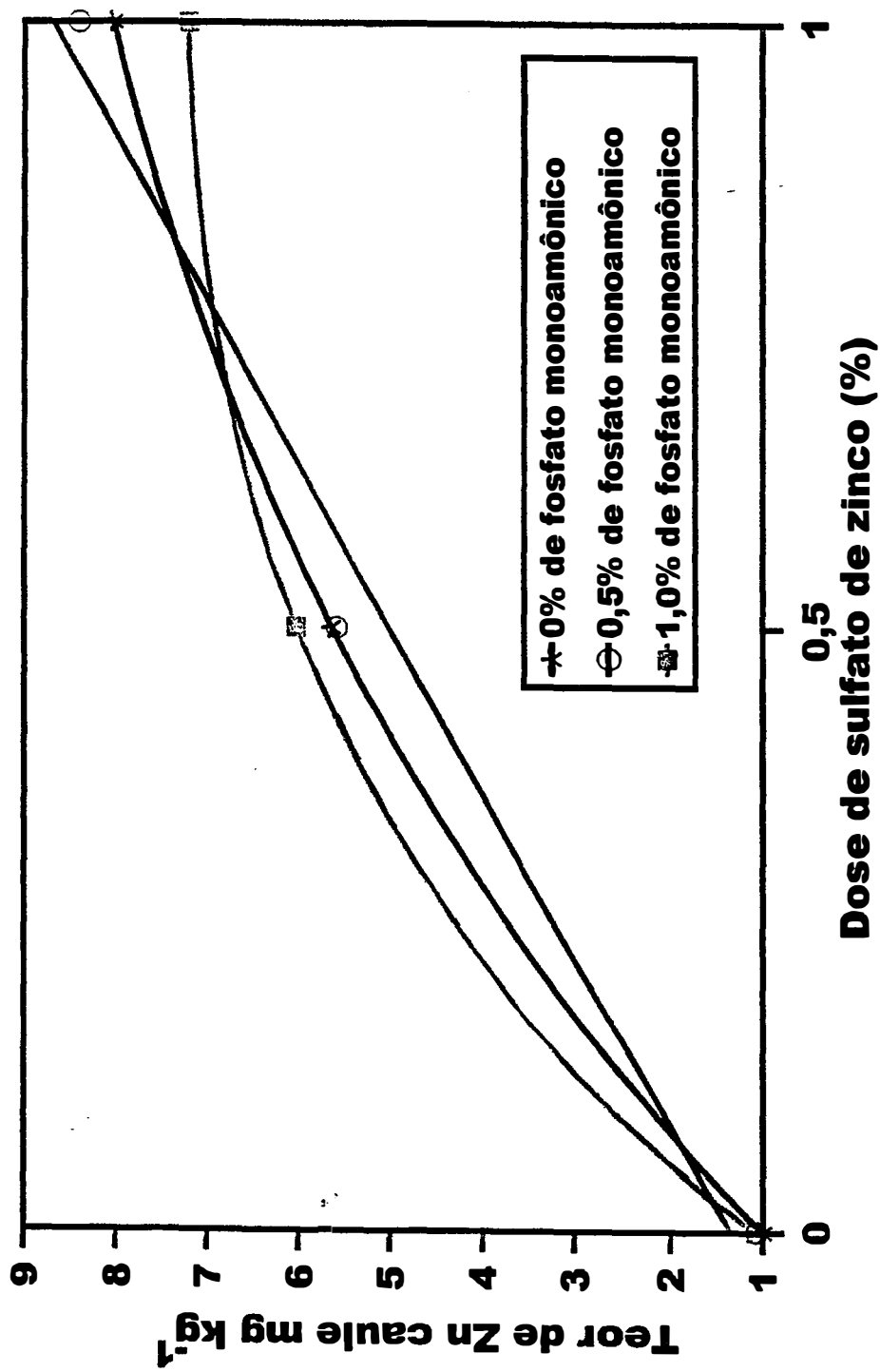


Figura 5. Curvas de resposta do teor de zinco no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 1,011111 + 11,47778 * Zn - 44,66667 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 0,5) = 1,359259 + 7,311111 * Zn \quad R^2 = 0,723 **$$

$$Y (P 1,0) = 1,077778 + 13,66667 * Zn - 7,555556 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Conforme a Tabela 20, na presença da dose 1,0% de sulfato de zinco, as quantidades acumuladas de zinco diminuíram com a elevação das doses de fosfato monoamônico aplicadas. Estes resultados sugerem que a depressão na absorção do zinco pode ser um efeito inibidor da mobilização do zinco na parte aérea da planta, induzido pela adubação fosfatada.

4.2.1.2.2. Acúmulo

Os dados obtidos nas análises de variância da quantidade de zinco absorvida pela parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 21. Houve efeito significativo do fator Zn e da interação nas quantidades acumuladas do nutriente.

Tabela 21 - Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	0,56	0,77	1,19	0,85
Zn	2	210,04**	140,03**	221,64**	719,75**
P * Zn	4	10,73**	8,02**	7,72**	5,47**
CV (%)		23,80	25,41	21,90	18,79

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias dos conteúdos de zinco nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	$\mu\text{g}/\text{vaso}$			
0	9,961 a	23,994 a	87,615 a	124,081 a
0,5	51,712 b	77,263 b	331,143 b	1223,762 b
1,0	60,750 c	99,192 c	436,334 c	2784,041 c
DMS 5%	6,371	11,138	40,950	169,800

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco na acumulação do nutriente nas folhas velhas. As quantidades de zinco aumentaram com o acréscimo das doses aplicadas.

Com relação às folhas novas, acréscimos da dose de sulfato de zinco provocaram um aumento significativo nas quantidades acumuladas do nutriente.

De forma semelhante ao observado nas folhas, o uso de doses crescentes de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos nos conteúdos acumulados do nutriente nos ramos e caule.

O aumento com a dose de sulfato de zinco dos valores do acúmulo de zinco pelo cafeeiro, em todos os seus componentes da parte aérea, apresenta uma tendência similar a da concentração do nutriente. O acúmulo de zinco nas folhas foi maior do que o encontrado nos ramos e caule. Estes maiores acúmulos podem ser explicados através da concentração do nutriente no material seco. As folhas apresentaram maiores concentrações de zinco em comparação aos ramos e caule.

Ao analisar as quantidades acumuladas de zinco no material seco sob influência da interação P * Zn, a Tabela 23 revela um aumento significativo na acumulação de zinco nas folhas velhas pela aplicação de sulfato de zinco, independentemente da dose de fosfato monoamônico.

Tabela 23 - Quantidade acumulada de Zn nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	172,06aA	1052,01bA	3055,90cB
0,5	105,66aA	1223,36bAB	2679,44cA
1,0	94,51aA	1395,91bB	2616,77cA
DMS ¹ 5% : 236,30			
DMS ² 5% : 210,90			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

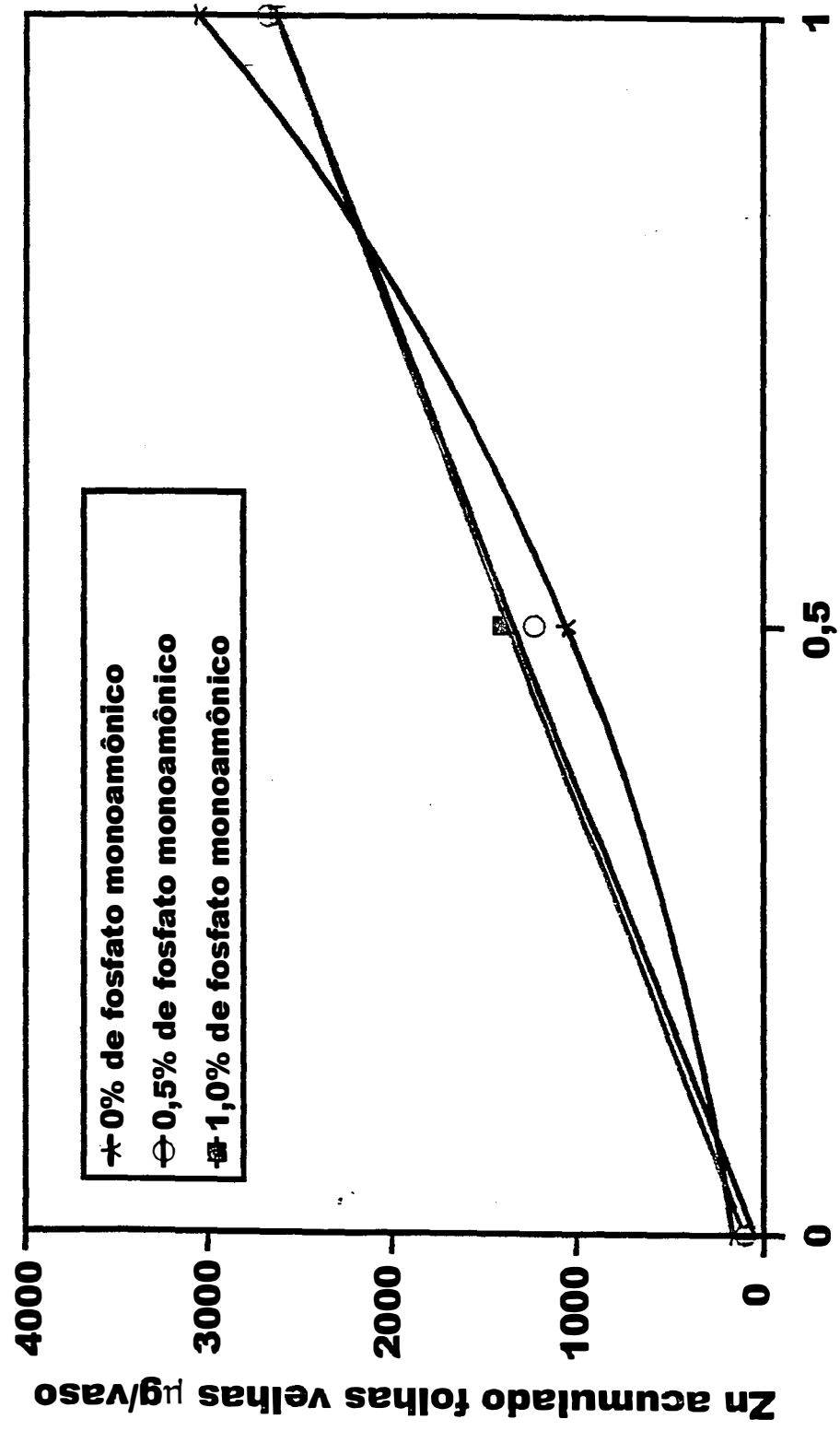
O acréscimo das doses de fosfato monoamônico para a dose 0,5% de sulfato de zinco provocou aumentos no conteúdo do nutriente, enquanto para a dose 1,0% de sulfato de zinco ocorreu uma redução significativa nas quantidades de zinco. A quantidade de zinco absorvida pelas folhas velhas mostrou um comportamento linear e quadrático (Figura 6). A aplicação de sulfato de zinco provocou um efeito linear crescente na acumulação para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico. No caso da dose 0% de fosfato monoamônico, a resposta foi quadrática crescente.

De forma semelhante ao observado nas folhas velhas, o uso de doses crescentes de sulfato de zinco, independente da dose de fosfato monoamônico, resultou em aumentos significativos nas quantidades acumuladas do nutriente nas folhas novas (Tabela 24), ramos (Tabela 25) e caule (Tabela 26).

Tabela 24 - Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	104,59aA	279,89bA	510,90cB
0,5	88,43aA	356,97bB	371,47bA
1,0	69,81aA	356,56bB	426,61cA
DMS ¹ 5% : 63,20			
DMS ² 5% : 59,56			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 6. Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$Y (P 0) = 172,0689 + 635,9369 * Zn + 2247,898 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$
 $Y (P 0,5) = 49,26546 + 2573,784 * Zn \quad R^2 = 0,882 **$
 $Y (P 1,0) = 107,9361 + 2522,259 * Zn \quad R^2 = 0,770 **$

Tabela 25 - Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g/vaso}$	
0	30,238aA	60,283bA	118,372cB
0,5	21,287aA	81,745bB	88,697bA
1,0	20,456aA	89,760bB	90,508bA
DMS ¹ 5% : 12,210			
DMS ² 5% : 11,009			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 26 - Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

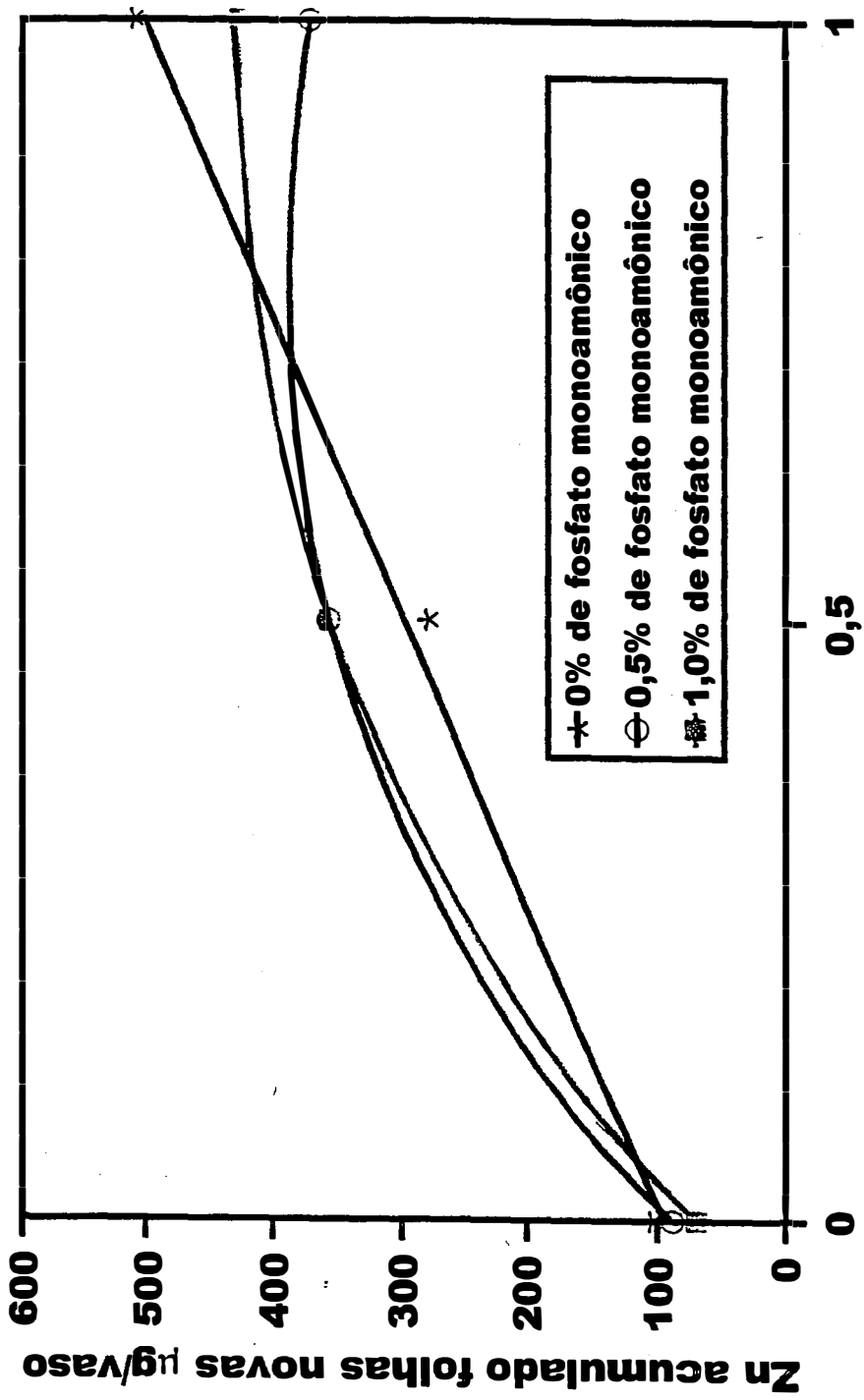
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g/vaso}$	
0	12,174aA	38,228bA	69,860cB
0,5	8,657aA	53,345bB	57,762bA
1,0	9,050aA	63,564bC	54,627bA
DMS ¹ 5% : 12,597			
DMS ² 5% : 7,680			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para a dose 0,5% de sulfato de zinco, as quantidades acumuladas de zinco aumentaram com o acréscimo das doses de fosfato monoamônico, enquanto para a dose 1,0% de sulfato de zinco houve uma diminuição significativa nos conteúdos de zinco.

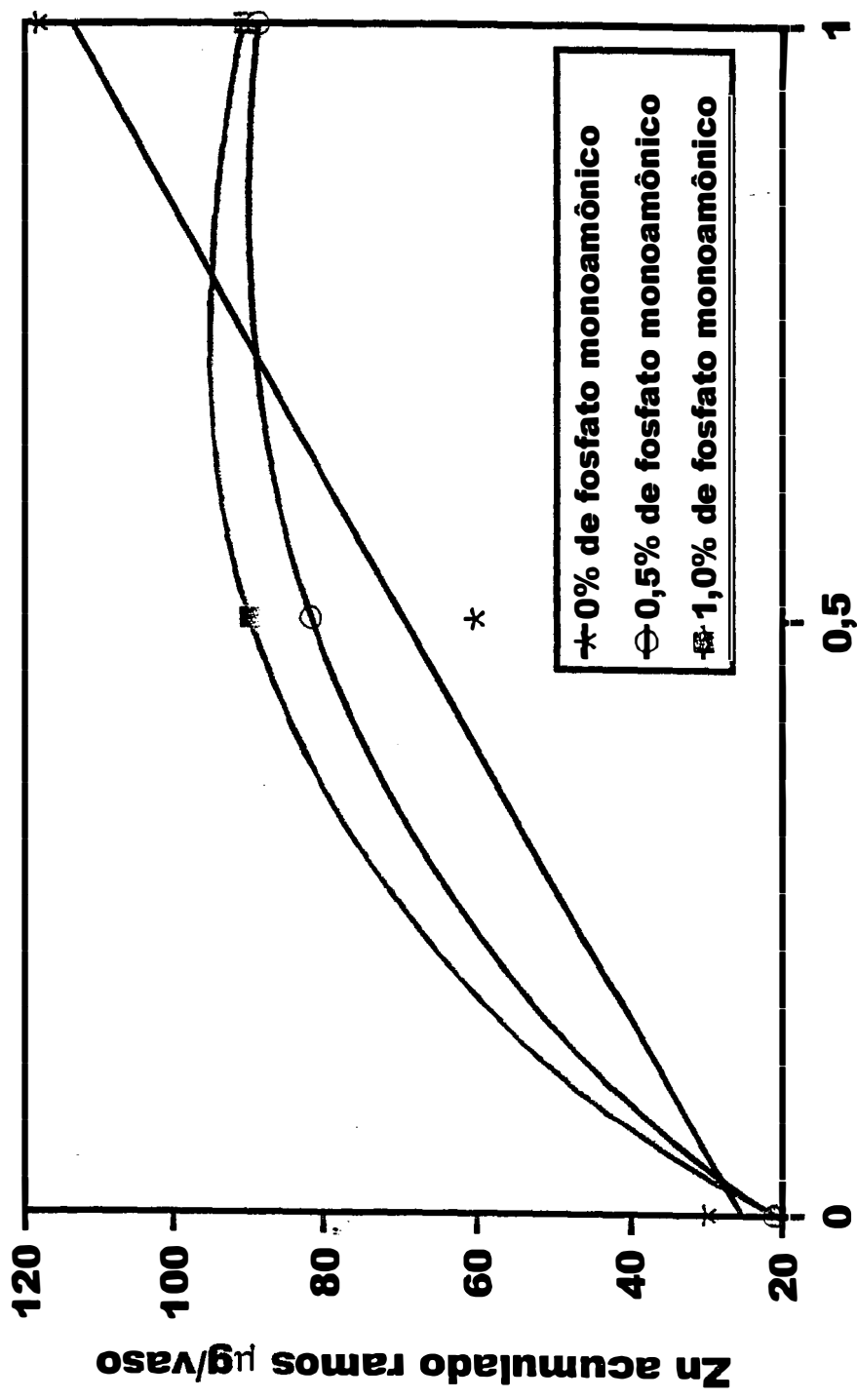
Os valores da quantidade absorvida pelas folhas novas, ramos e caule são apresentados nas Figuras 7 a 9. Para a dose 0% de fosfato monoamônico, a aplicação de sulfato de zinco mostrou uma resposta linear crescente, enquanto que as curvas de regressão do acúmulo de zinco para as doses 0,5 e 1,0% foram expressas por equações quadráticas crescentes.

Os resultados mostram que na presença da dose 0,5% de sulfato de zinco, as quantidades de zinco acumulado nos componentes da parte aérea das plantas de café aumentaram com a elevação das doses de fosfato monoamônico aplicadas, diminuindo porém, na presença da dose 1,0% de fosfato monoamônico, o que sugere uma absorção reduzida do zinco na parte aérea da planta, induzida pela adubação fosfatada.



Dose de sulfato de zinco (%)
Figura 7. Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

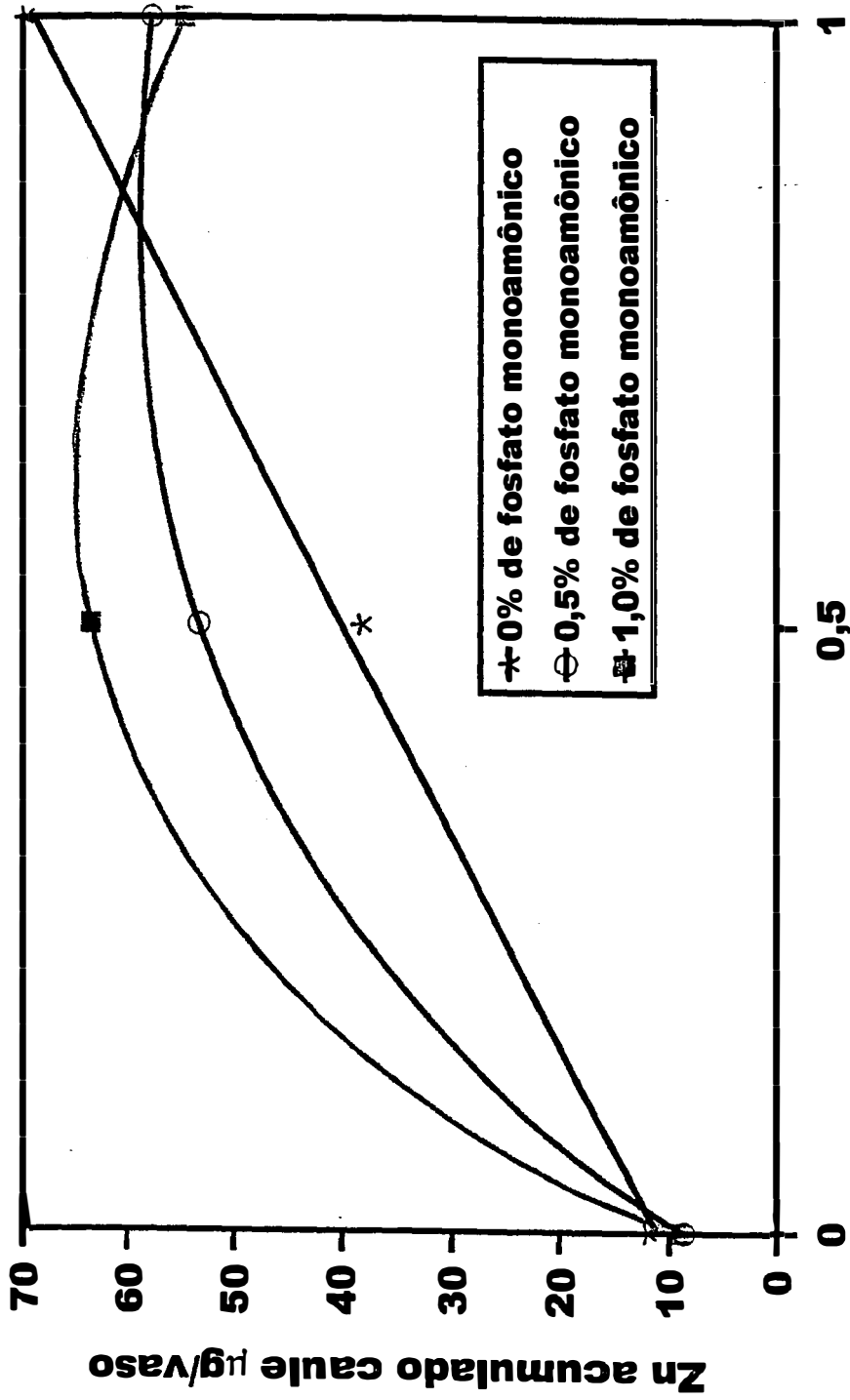
$$\begin{aligned}
 Y(P\ 0) &= 95,3057 + 406,3151 * Zn & R^2 &= 0,785 ** \\
 Y(P\ 0,5) &= 88,43911 + 791,0851 * Zn - 508,0458 * Zn^2 & R^2 &= 0,999 * \\
 Y(P\ 1,0) &= 69,81433 + 790,21 * Zn - 433,4053 * Zn & R^2 &= 0,999 *
 \end{aligned}$$



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 8. Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$\begin{aligned}
 Y(P\ 0) &= 25,56426 + 88,13422 * Zn & R^2 &= 0,671^{**} \\
 Y(P\ 0,5) &= 21,28778 + 174,4208 * Zn - 107,0109 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^* \\
 Y(P\ 1,0) &= 20,45644 + 207,1644 * Zn - 137,112 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^*
 \end{aligned}$$



Dose de sulfato de zinco (%)
 Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$\begin{aligned}
 Y(P\ 0) &= 11,24502 + 57,68544 * Zn & R^2 &= 0,832^{**} \\
 Y(P\ 0,5) &= 8,657778 + 129,6442 * Zn - 80,53911 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^* \\
 Y(P\ 1,0) &= 9,050889 + 172,4767 * Zn - 126,9 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^*
 \end{aligned}$$

4.2.2. Fósforo

4.2.2.1. Saturação por bases de 50%

4.2.2.1.1. Concentração

Os resultados das análises de variância (Tabela 27) indicam efeito significativo no teor de fósforo na parte aérea das plantas de café para todas as causas de variação.

Tabela 27 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	100,45**	45,45**	89,02**	306,78**
Zn	2	1,42	4,93*	10,11**	1,56
P * Zn	4	1,75	1,50	2,80*	4,51**
CV (%)		13,44	15,21	11,11	12,83

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias das concentração de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico encontram-se na Tabela 28.

Tabela 28 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
		g kg ⁻¹		
0	0,275 a	0,784 a	1,748 a	1,945 a
0,5	0,371 b	1,042 b	2,164 b	3,223 b
1,0	0,467 c	1,172 c	2,628 c	4,822 c
DMS 5 %	0,032	0,099	0,159	0,280

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de fosfato monoamônico no teor de fósforo nas folhas velhas. A aplicação da fonte aumentou significativamente a concentração do nutriente.

O teor de fósforo nas folhas novas foi influenciado pelas doses de fosfato monoamônico. O acréscimo das doses aplicadas provocou um aumento significativo na concentração do nutriente.

De forma semelhante ao observado nas folhas, o uso de doses crescentes de fosfato monoamônico aumentou significativamente os teores de fósforo nos ramos e caule.

Os resultados obtidos neste trabalho concordam com as pesquisas conduzidas por Gopal & Balasubramanian (1975), Gopal et al. (1977) e Devarajan et al. (1991).

Resultados de experimentos com adubação fosfatada no substrato obtidos por Bragança (1984), Souza (1987), Tonelli (1987) Clemente (1987) e Cardoso (1990) confirmam aumentos nos teores de fósforo no material seco da parte aérea do cafeeiro em função de doses crescentes de fósforo.

Os efeitos positivos das doses de fosfato monoamônico sobre as concentrações de fósforo nos ramos e caule mostram a translocação do nutriente das folhas para esses componentes da planta. As folhas apresentaram maiores teores de fósforo em comparação aos ramos e caule, estas maiores concentrações podem estar relacionadas com a eficiência fotossintética e/ou funções metabólicas desses componentes da parte aérea da planta, uma vez que os ramos e caule não se apresentam como regiões de grande atividade fotossintética e de absorção iônica.

As médias dos teores de fósforo, nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café, em função das doses de sulfato de zinco, aparecem na Tabela 29.

Tabela 29 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Ramos g kg ⁻¹	Folhas Novas g kg ⁻¹
0	0,928 a	2,161 a
0,5	1,056 b	2,337 b
1,0	1,013 ab	2,042 a
DMS 5%	0,091	0,137

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco na concentração de fósforo nas folhas novas. A aplicação da dose de 1,0% de sulfato de zinco causou uma redução significativa nos teores do nutriente.

A concentração de fósforo nos ramos mostrou um comportamento semelhante com as folhas novas, diminuindo pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

A interação P * Zn tem sido observada em pesquisas, que relatam que altos níveis de um desses elementos pode reduzir a absorção do outro.

Paula (1975), fazendo aplicações de soluções de sulfato de zinco, constatou menor teor de fósforo nas folhas do cafeeiro.

Esequiel (1980), verificou que a aplicação de zinco ao substrato afetou negativamente o teor de fósforo em mudas de cafeeiro.

Entretanto, Moyses (1988) observou que as concentrações de fósforo no terceiro e quarto pares de folhas foi diretamente proporcional à concentração de zinco na solução nutritiva.

Os dados da Tabela 29 indicam que a aplicação de sulfato de zinco influenciou a absorção de fósforo pelo cafeeiro, uma vez que houve diminuição na concentração de fósforo nas folhas novas e ramos pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco.

Quando se analisa a interação P * Zn, o teor de fósforo nas folhas velhas (Tabela 30) mostra que a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco para a dose 1,0% de fosfato monoamônico aumentou significativamente a concentração do nutriente.

O acréscimo das doses de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco aumentou significativamente o teor de fósforo.

A concentração de fósforo nas folhas velhas foi expressa por uma resposta linear crescente (Figura 10) à medida que aumenta a aplicação de sulfato de zinco para a dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Tabela 30 - Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g kg ⁻¹	
0	2,012 aA	1,938 aA	1,886 aA
0,5	3,163 aB	3,417 aB	3,088 aB
1,0	4,488 aC	4,676 aC	5,302 bC
DMS ¹ 5% : 0,544			
DMS ² 5% : 0,705			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

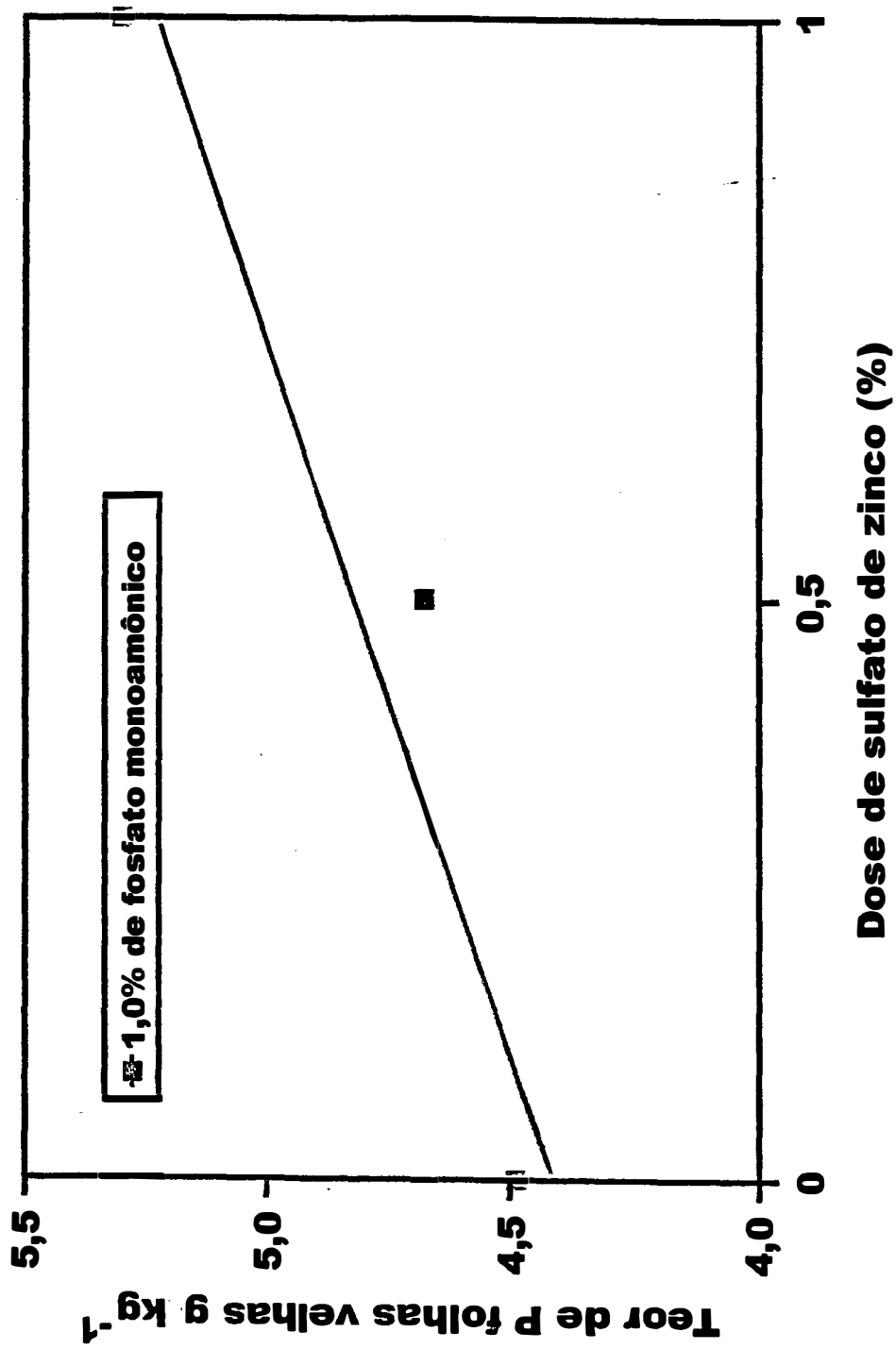


Figura 10. Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P \text{ I}, 0) = 4,415926 + 0,813333 * Zn \quad R^2 = 0,810 *$$

Com relação às folhas novas (Tabela 31), a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco para a dose 1,0% de fosfato monoamônico causou uma redução significativa na concentração de fósforo.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco, provocou um aumento significativo nos teores de fósforo.

As folhas novas mostraram uma resposta quadrática na concentração de fósforo (Figura 11), atingindo um ponto máximo de 2,953 g kg⁻¹ com a dose 0,43% de sulfato de zinco para a dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Tabela 31 - Concentração de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
0	1,711 aA	1,832 aA	1,703 aA
0,5	2,171 aB	2,236 aB	2,084 aB
1,0	2,601 bC	2,944 cC	2,341 aC
DMS ¹ 5% : 0,226			
DMS ² 5% : 0,203			

Médias seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Estes resultados mostram que a interação fosfato monoamônico * sulfato de zinco afetou a mobilidade do fósforo, reduzindo sua concentração nas folhas novas. Os dados sugerem uma redução da translocação do fósforo na parte aérea da planta induzida pelo sulfato de zinco. Na presença de fosfato monoamônico, a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco resultou numa menor absorção e translocação do fósforo na parte aérea da planta.

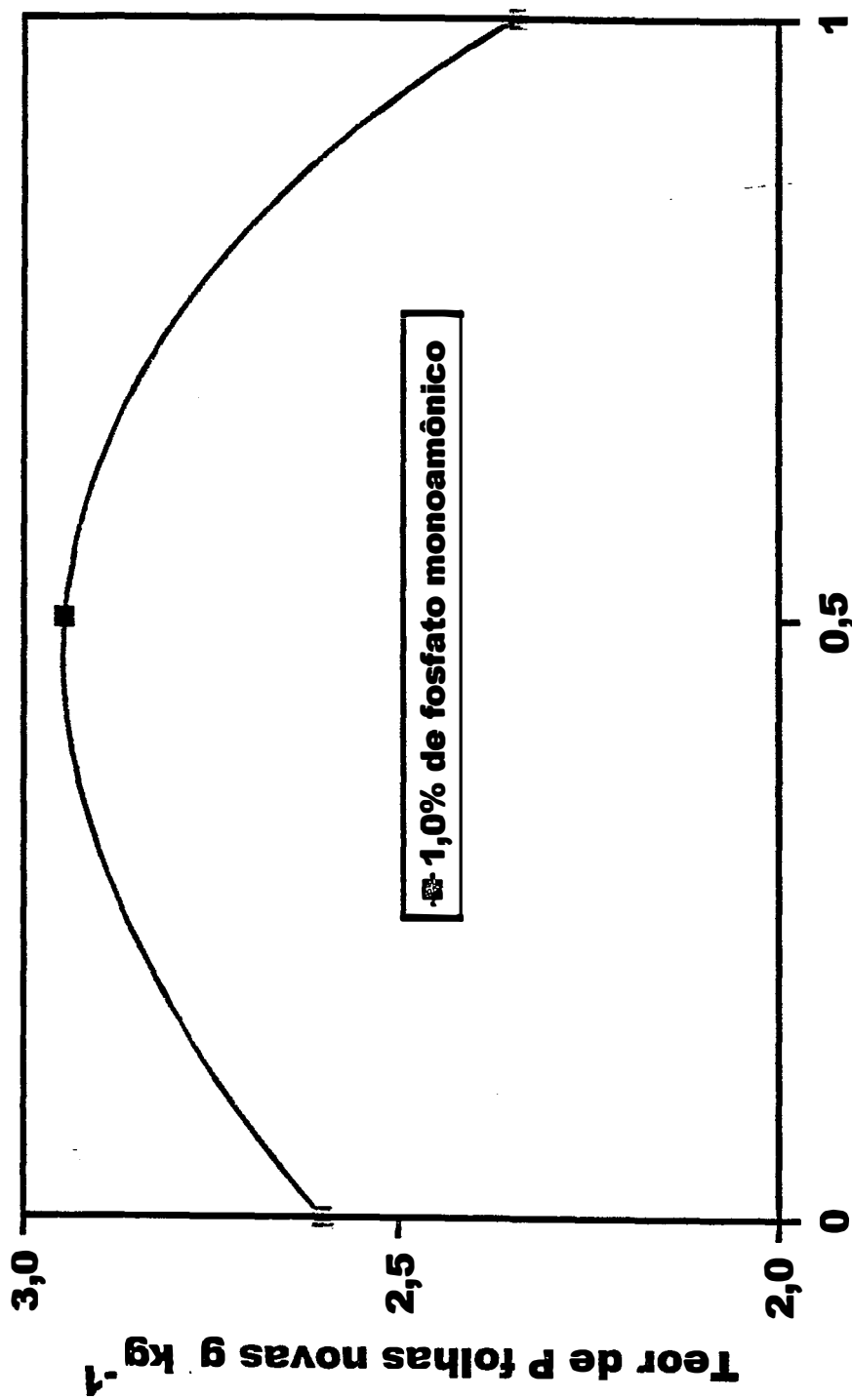


Figura 11. Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P \ 1,0) = 2,601111 + 1,633333 * Zn - 1,893333 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

4.2.2.1.2. Acúmulo

Os dados obtidos pelas análises de variância da acumulação de fósforo na parte aérea das plantas encontram-se na Tabela 32. Os conteúdos acumulados do nutriente foram influenciados significativamente pelos dois fatores estudados e pela interação.

Tabela 32 - Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	51,38**	10,45**	46,31**	128,48**
Zn	2	6,32**	2,76	5,65**	12,66**
P * Zn	4	2,27	7,85**	1,00	4,78**
CV (%)		22,52	24,79	18,26	20,13

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da quantidade absorvida de fósforo pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 33.

O efeito das doses de fosfato monoamônico sobre os conteúdos de fósforo nas folhas velhas mostra que a aplicação aumentou significativamente a acumulação do nutriente.

Houve influência das doses de fosfato monoamônico na acumulação de fósforo nas folhas novas. A aplicação da dose 1,0% promoveu um aumento significativo nos valores de fósforo absorvido.

Tabela 33 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato de monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg/vaso			
0	2,494 a	4,984 a	22,617 a	28,952 a
0,5	3,042 b	5,915 ab	23,049 a	50,174 b
1,0	4,506 c	6,849 b	33,828 b	73,669 c
DMS 5%	0,494	0,959	3,175	6,725

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Com relação aos ramos, as quantidades de fósforo aumentaram significativamente pela aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico, não diferindo estatisticamente com a dose 0,5%.

De forma semelhante ao observado nas folhas velhas, acréscimos da dose de fosfato monoamônico provocaram aumentos significativos nas quantidades absorvidas pelo caule.

O conteúdo de fósforo no cafeeiro em todos os seus componentes da parte aérea, acompanha a tendência da concentração do nutriente, aumentando com a dose de fosfato monoamônico aplicada.

As quantidades de fósforo absorvidas pelas folhas foram superiores aos valores encontrados nos ramos e caule. Este maior acúmulo do nutriente nas folhas está associado aos maiores teores de fósforo e maior acúmulo de material seco foliar.

As médias das quantidades acumuladas de fósforo pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 34.

Tabela 34 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Folhas Novas mg/vaso	Folhas Velhas
0	3,350 ab	28,398 b	44,100 a
0,5	2,981 a	27,062 ab	50,566 a
1,0	3,711 b	24,074 a	58.128 b
DMS 5%	0,593	3,576	6,923

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco nos conteúdos de fósforo nas folhas velhas. A aplicação da dose 1,0% resultou em aumentos significativos na acumulação do nutriente.

As quantidades de fósforo acumuladas nas folhas novas foram influenciadas pelas doses de sulfato de zinco. Os conteúdos do nutriente diminuíram significativamente com a dose 1,0%, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

Quanto ao caule, a aplicação da dose 0,5% de fosfato monoamônico causou uma redução significativa na acumulação de fósforo.

Constata-se um comportamento semelhante em relação às concentrações de fósforo nas folhas novas. A elevação das doses de sulfato de zinco utilizadas aumentou a absorção de fósforo pelas folhas velhas, porém, diminuiu a quantidade de fósforo acumulado nas folhas novas e caule. Estes dados sugerem que a depressão da absorção do fósforo foi induzida pelo sulfato de zinco.

Avaliando o efeito da interação P * Zn, as quantidades de fósforo absorvidas pelas folhas velhas (Tabela 35) mostram um aumento significativo nos conteúdos do nutriente pela aplicação de sulfato de zinco com as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico.

Tabela 35 - Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	29,46 aA	27,81 aA	29,57 aA
0,5	37,79 aA	55,18 bB	57,53 bB
1,0	65,03 aB	68,69 aC	87,27 bC
DMS ¹ 5% : 4,85			
DMS ² 5% : 11,93			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco, aumentou significativamente a acumulação de fósforo. Conforme a Figura 12, houve um comportamento linear crescente nos valores acumulados de fósforo à medida que aumenta a aplicação de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico.

A absorção de fósforo pelos ramos (Tabela 36) indica uma redução significativa no conteúdo do nutriente pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico.

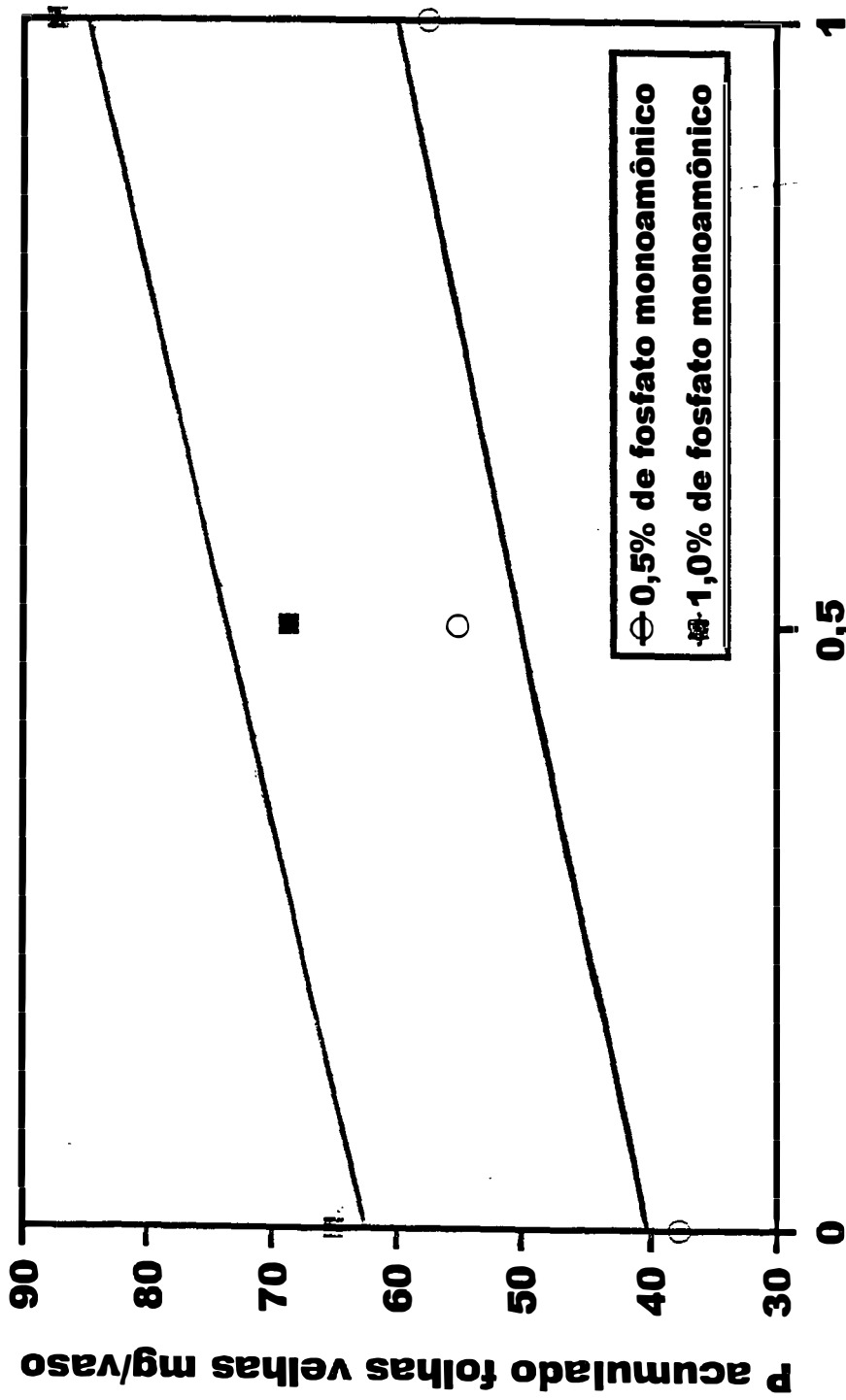
Tabela 36 - Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	5,51aAB	4,78aA	4,65aA
0,5	4,26aA	8,13bC	5,34aA
1,0	6,80aB	6,35aB	7,24aB
DMS ¹ 5% : 1,24			
DMS ² 5% : 1,55			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A aplicação de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco, provocou aumentos significativos no acúmulo.

Os valores de fósforo absorvido pelos ramos (Figura 13) mostraram uma resposta quadrática da aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico, alcançando um ponto máximo de 8,156 mg/vaso, com a dose 0,54%.

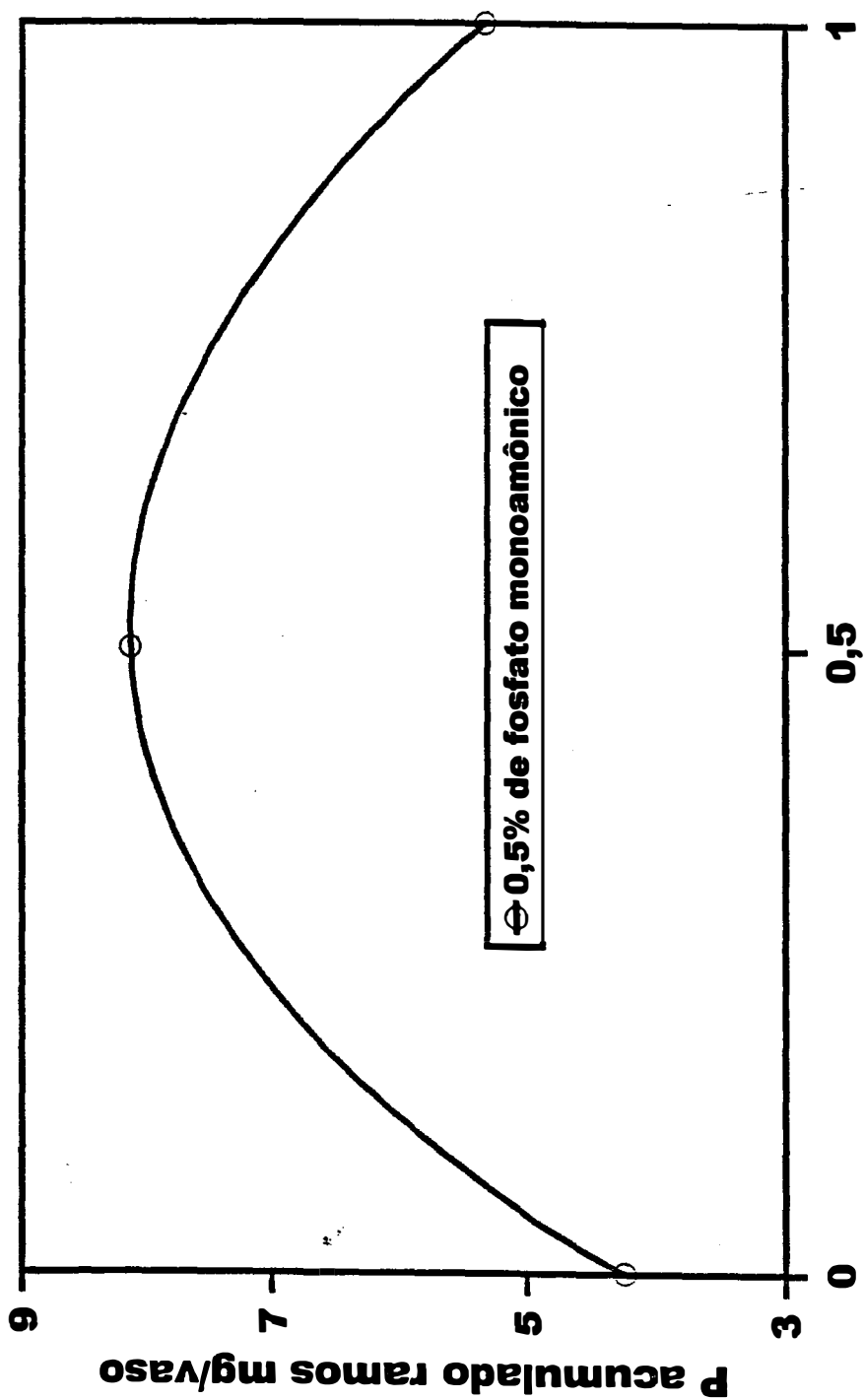


Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 12. Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 40,30459 + 19,73928 * Zn \quad R^2 = 0,797^{**}$$

$$Y (P 1,0) = 62,54996 + 22,23841 * Zn \quad R^2 = 0,826^*$$



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 13. Curva de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P, Z) = 4,268733 + 14,39069 * Zn - 13,31747 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Enquanto as folhas apresentaram aumentos na quantidade de fósforo acumulado com o acréscimo das doses de sulfato de zinco e fosfato monoamônico aplicadas, o acúmulo do nutriente diminuiu nos ramos. Estas observações permitem sugerir que o efeito depressivo sobre a translocação do fósforo das folhas para os ramos pode ser atribuído à inibição do sulfato de zinco na absorção do fósforo.

4.2.2.2. Saturação por bases de 70%

4.2.2.2.1. Concentração

As análises de variância (Tabela 37) revelaram efeito significativo de todas as causas de variação para teores de fósforo na parte aérea das plantas de café.

Tabela 37 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	54,15**	103,41**	190,70**	376,04**
Zn	2	6,16**	3,20*	4,82*	34,21**
P * Zn	4	0,41	7,55**	2,41	5,34**
CV (%)		23,20	15,13	9,20	13,35

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da concentração de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico encontram-se na Tabela 38.

Tabela 38 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	g kg ⁻¹			
0	0,248 a	0,667 a	1,822 a	1,613 a
0,5	0,347 b	0,902 b	2,413 b	2,829 b
1,0	0,483 c	1,214 c	3,002 c	4,601 c
DMS 5%	0,054	0,092	0,145	0,264

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de fósforo nas folhas velhas foram influenciados pelas doses de fosfato monoamônico. Houve um acréscimo significativo na concentração do nutriente, à medida que aumenta a dose aplicada.

Com relação ao teor de fósforo nas folhas novas, a aplicação de fosfato monoamônico resultou em aumentos significativos na concentração do nutriente.

De modo semelhante com as folhas, acréscimos da dose de fosfato monoamônico provocaram um aumento significativo nos teores do nutriente nos ramos e caule.

Estes dados são concordantes com os encontrados por Gopal & Balasubramanian (1975), Gopal et al. (1977) e Devarajan (1991)

Constatações de pesquisas efetuadas com fósforo no substrato por Bragança (1984), Souza (1987), Tonelli (1987), Clemente (1987) e Cardoso (1990), indicam aumento na concentração de fósforo no material seco da parte aérea do cafeeiro, em decorrência das doses de fósforo.

Os resultados obtidos mostram que a aplicação de fosfato monoamônico promoveu a translocação de fósforo das folhas, indicando que o nutriente migra desses componentes da planta para os ramos e caule. Comparando a concentração de fósforo nas folhas, ramos e caule, observa-se que houve maior absorção pelas folhas, o que pode ser explicado pela maior atividade fotossintética e/ou funções metabólicas desses componentes da parte aérea, uma vez que os ramos e caule não são os componentes fisiologicamente mais ativos da planta.

As médias do teor de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 39.

O efeito das doses de sulfato de zinco aplicadas sobre as concentrações de fósforo nas folhas velhas mostra que o acréscimo das doses causou um aumento significativo nos teores do nutriente.

Houve influência das doses de sulfato de zinco na concentração de fósforo nas folhas novas. A aplicação da fonte aumentou significativamente os teores do nutriente.

Tabela 39 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	g kg ⁻¹			
0	0,405 b	0,867 a	2,304 a	2,537 a
0,5	0,336 a	0,934 ab	2,473 b	3,067 b
1,0	0,337 a	0,972 b	2,460 b	3,439 c
DMS 5%	0,025	0,079	0,115	0,142

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A concentração de fósforo nos ramos foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. A aplicação da dose 1,0% aumentou significativamente o teor do nutriente, não diferindo estatisticamente com a dose 0,5%.

Com relação ao caule, a aplicação de sulfato de zinco provocou uma redução significativa na concentração do nutriente.

Estes dados mostram que a aplicação de sulfato de zinco afetou a absorção de fósforo pelo cafeeiro. O uso de sulfato de zinco aumentou a concentração do nutriente nas folhas e ramos, reduzindo porém, sua concentração no caule.

Moyses (1988) constatou que a concentração de fósforo no terceiro e quarto pares de folhas foi função quadrática crescente da aplicação de zinco no substrato.

Ao analisar a interação P * Zn, os valores da concentração de fósforo nas folhas velhas (Tabela 40) mostram que a aplicação de sulfato de zinco na presença das doses 0,5 e 1,0% promoveu um aumento significativo nos teores do nutriente.

Tabela 40 - Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

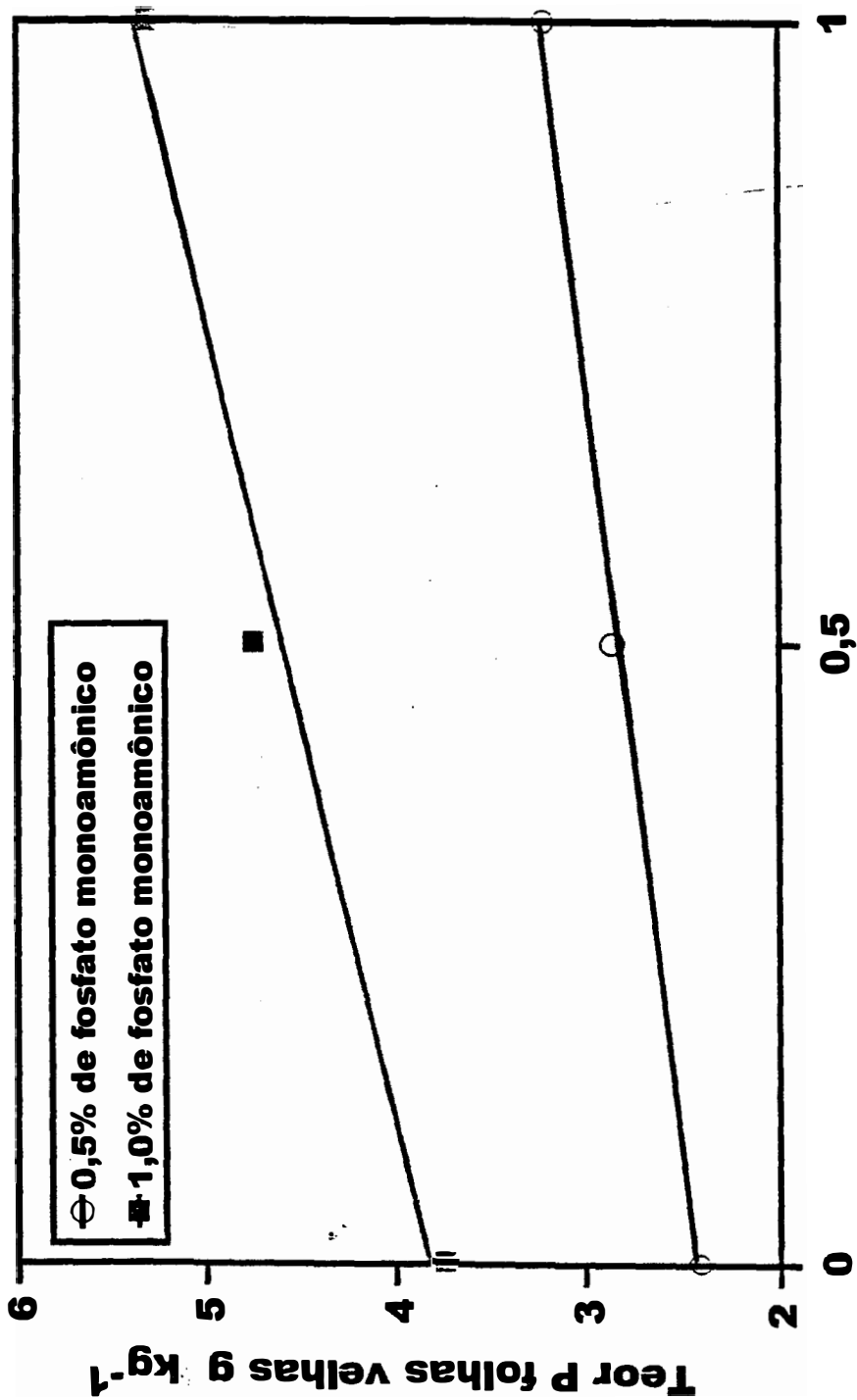
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g kg ⁻¹	
0	1,441 aA	1,592 aA	1,807 aA
0,5	2,421 aB	2,860 bB	3,206 bB
1,0	3,751 aC	4,748 bC	5,304 cC
DMS ¹ 5% : 0,403			
DMS ² 5% : 0,615			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

As concentrações de fósforo aumentaram significativamente com o acréscimo das doses de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco.

Para as folhas velhas, houve respostas lineares crescentes (Figura 14) nos teores de fósforo pela aplicação de sulfato de zinco com as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico.

Quanto aos ramos, a Tabela 41 mostra que a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco na presença da dose 0% de fosfato monoamônico diminuiu significa-



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 14. Curvas de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 2,436481 + 0,785556 * Zn \quad R^2 = 0,906 **$$

$$Y (P 1,0) = 3,824815 - 1,553333 * Zn \quad R^2 = 0,842 **$$

tivamente a concentração de fósforo. Entretanto, para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, ocorreu um aumento significativo no teor do nutriente.

Tabela 41 - Concentração de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

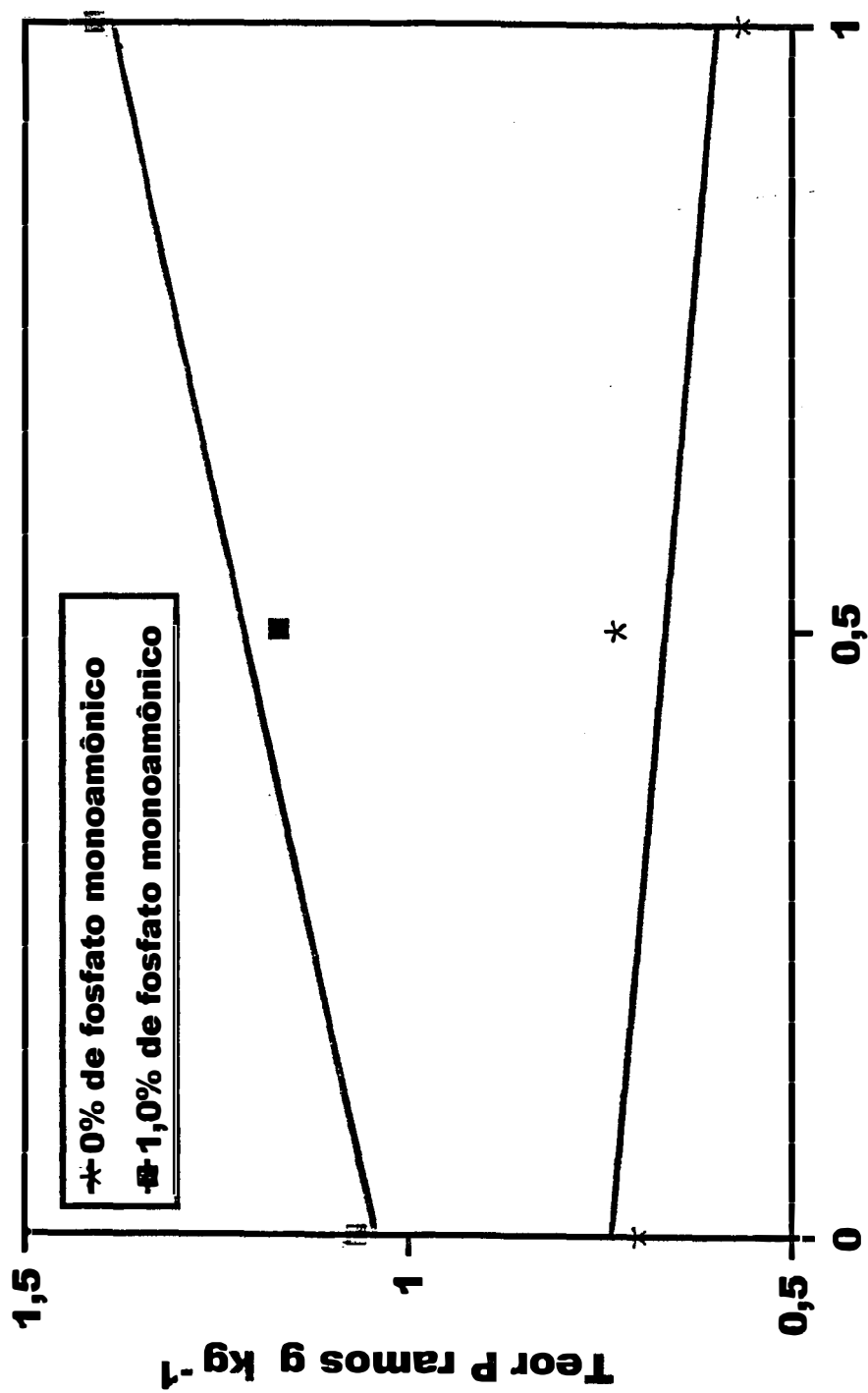
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g kg ⁻¹	
0	0,705 bA	0,727 bA	0,567 aA
0,5	0,856 aB	0,908 aB	0,941 aB
1,0	1,067 aC	1,167 aC	1,408 bC
DMS ¹ 5% : 0,120			
DMS ² 5% : 0,143			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos na concentração de fósforo.

As equações de regressão (Figura 15) indicam que a aplicação de sulfato de zinco causou um efeito linear decrescente para a dose 0% de fosfato monoamônico e um efeito linear crescente para a dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Através das Tabelas 40 e 41 e Figuras 14 e 15, nota-se que a aplicação de fosfato monoamônico e sulfato de zinco aumentou a absorção e translocação de fósforo



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 15. Curvas de resposta do teor de fósforo nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P,0) = 0,735926 - 0,137778 * Zn \quad R^2 = 0,755 *$$

$$Y(P,1,0) = 1,044259 + 0,341111 * Zn \quad R^2 = 0,884 **$$

pelo cafeeiro. Entretanto, a aplicação de sulfato de zinco com a dose 0% de fosfato monoamônico provocou a depressão da absorção de fósforo pelos ramos.

4.2.2.2.2. Acúmulo

As análises de variância das quantidades acumuladas de fósforo no material seco da parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 42. Houve efeito significativo para todas as causas da variação sobre as quantidades absorvidas de fósforo.

Tabela 42 - Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	34,46**	27,54**	25,68**	112,48**
Zn	2	13,21**	7,84**	14,71**	22,26**
P * Zn	4	2,14	6,08**	6,18**	9,18**
CV (%)		27,17	26,25	24,39	23,06

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias dos conteúdos de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 43.

Tabela 43 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg/vaso			
0	2,346 a	4,383 a	25,445 a	24,088 a
0,5	2,881 a	4,905 a	32,012 b	35,925 a
1,0	4,223 b	7,114 b	41,000 c	61,355 b
DMS 5%	0,616	0,941	5,251	16,119

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O acúmulo de fósforo nas folhas velhas foi influenciado pelas doses de fosfato monoamônico. A aplicação da dose 1,0% aumentou significativamente as quantidades do nutriente.

Para as folhas novas, o acréscimo das doses de fosfato monoamônico promoveu um aumento significativo na acumulação de fósforo.

De modo semelhante com as folhas velhas, a aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico provocou maior acúmulo de fósforo nos ramos e caule.

Os dados do acúmulo médio de fósforo, nos componentes da parte aérea do cafeeiro, revela uma tendência similar com a concentração do nutriente, em função da aplicação de fosfato monoamônico.

As folhas mostraram maiores quantidades absorvidas de fósforo em comparação com os ramos e caule. Os maiores acúmulos do nutriente no tecido foliar são atribuídos aos maiores teores de fósforo e material seco produzido por estes componentes da parte aérea.

As médias do acúmulo de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 44.

Tabela 44 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg/vaso			
0	3,761 b	5,631 b	35,281 b	30,870 a
0,5	3,125 a	6,146 b	37,099 b	43,565 b
1,0	2,564 a	4,625 a	26,077 a	46,933 b
DMS 5%	0,591	0,751	6,253	5,179

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O efeito das doses de sulfato de zinco sobre a absorção de fósforo pelas folhas velhas mostra um aumento significativo na acumulação do nutriente pela aplicação da fonte.

A quantidade de fósforo absorvida pelas folhas novas diminuiu significativamente pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco.

De modo semelhante ao observado nas folhas novas, a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco causou uma redução significativa nos conteúdos acumulados de fósforo nos ramos.

A quantidade de fósforo no caule foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. A aplicação provocou menor absorção do nutriente.

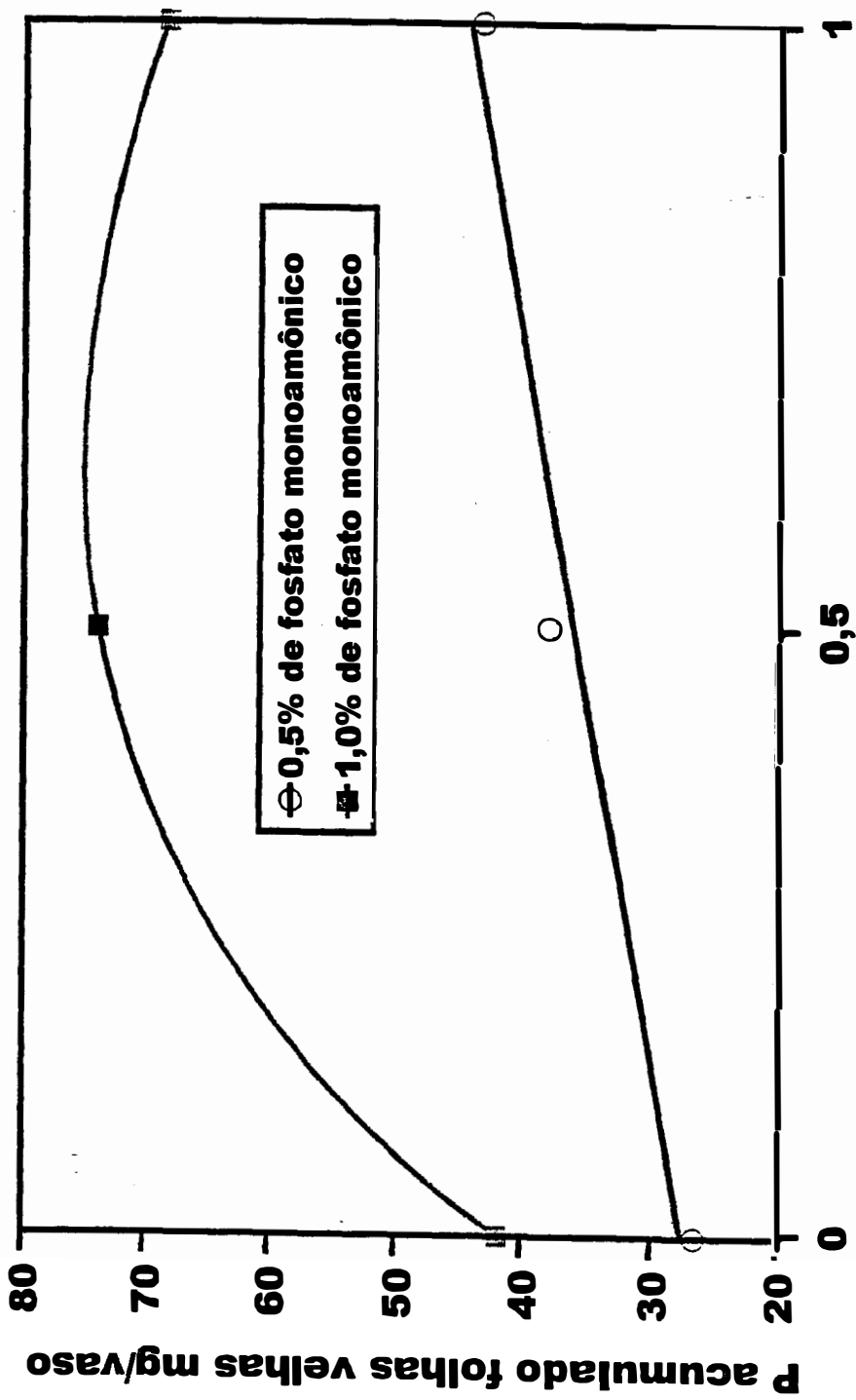
Estes resultados mostram que a aplicação de sulfato de zinco afetou negativamente a absorção de fósforo pelo cafeeiro. A elevação das doses de sulfato de zinco aumentou a quantidade de zinco acumulado nas folhas velhas, reduzindo porém, o acúmulo nas folhas novas, ramos e caules.

Quando se analisa o efeito da interação P * Zn, a quantidade de fósforo absorvida pelas folhas velhas (Tabela 45) indica que a aplicação de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, promoveu um aumento significativo na acumulação do nutriente.

Tabela 45 - Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	24,19abA	18,85aA	29,20bA
0,5	26,54aA	37,92bB	43,31bB
1,0	41,87aB	73,91bC	68,27bC
DMS ¹ 5% : 8,88			
DMS ² 5% : 11,39			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 16. Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 27,53928 + 16,77169 * Zn \quad R^2 = 0,840 **$$

$$Y (P 1,0) = 41,87281 + 101,7749 * Zn - 75,37122 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco, aumentou a absorção de fósforo.

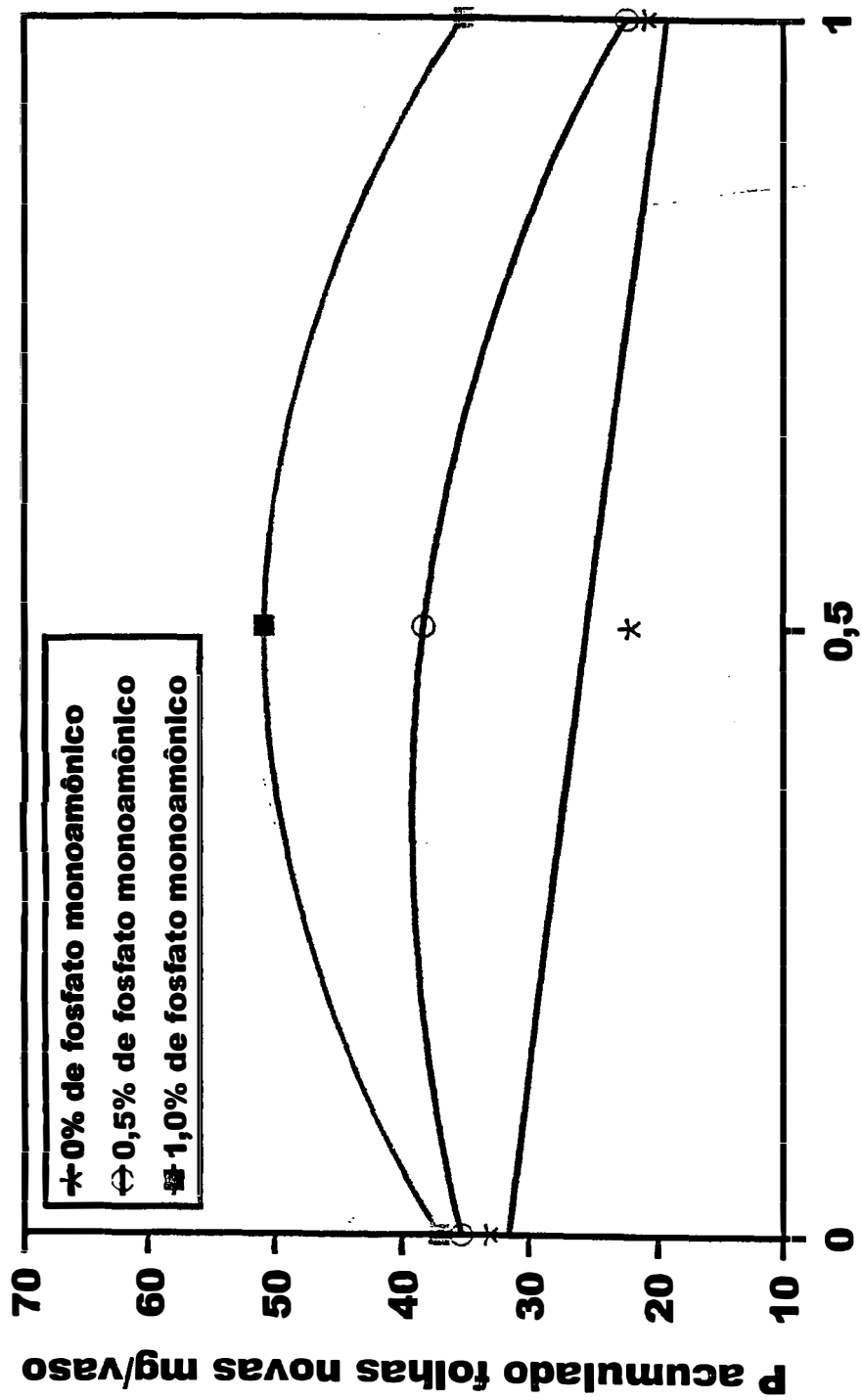
O conteúdo de fósforo nas folhas velhas mostrou um comportamento linear e quadrático (Figura 16). Houve um efeito linear crescente da aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico. Entretanto, para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, a resposta foi quadrática, atingindo um valor máximo de 76,228 mg/vaso com a dose 0,68% de sulfato de zinco.

Com relação às folhas novas (Tabela 46), o acréscimo das doses de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico causou uma redução significativa na acumulação do nutriente. Entretanto, para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, ocorreu maior absorção com a dose 0,5% de sulfato de zinco.

Tabela 46 - Quantidade acumulada de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	33,30bA	22,17aA	20,85aA
0,5	35,42bA	38,30bB	22,30aA
1,0	37,11aA	50,81bC	35,09aB
DMS ¹ 5% : 10,10			
DMS ² 5% : 11,72			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 17. Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P\ 0) = 31,66755 - 12,44387 * Zn \quad R^2 = 0,682^{**}$$

$$Y(P\ 0,5) = 35,42798 + 24,63089 * Zn - 37,75436 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$

$$Y(P\ 1,0) = 37,11617 + 56,84603 * Zn - 58,89251 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$

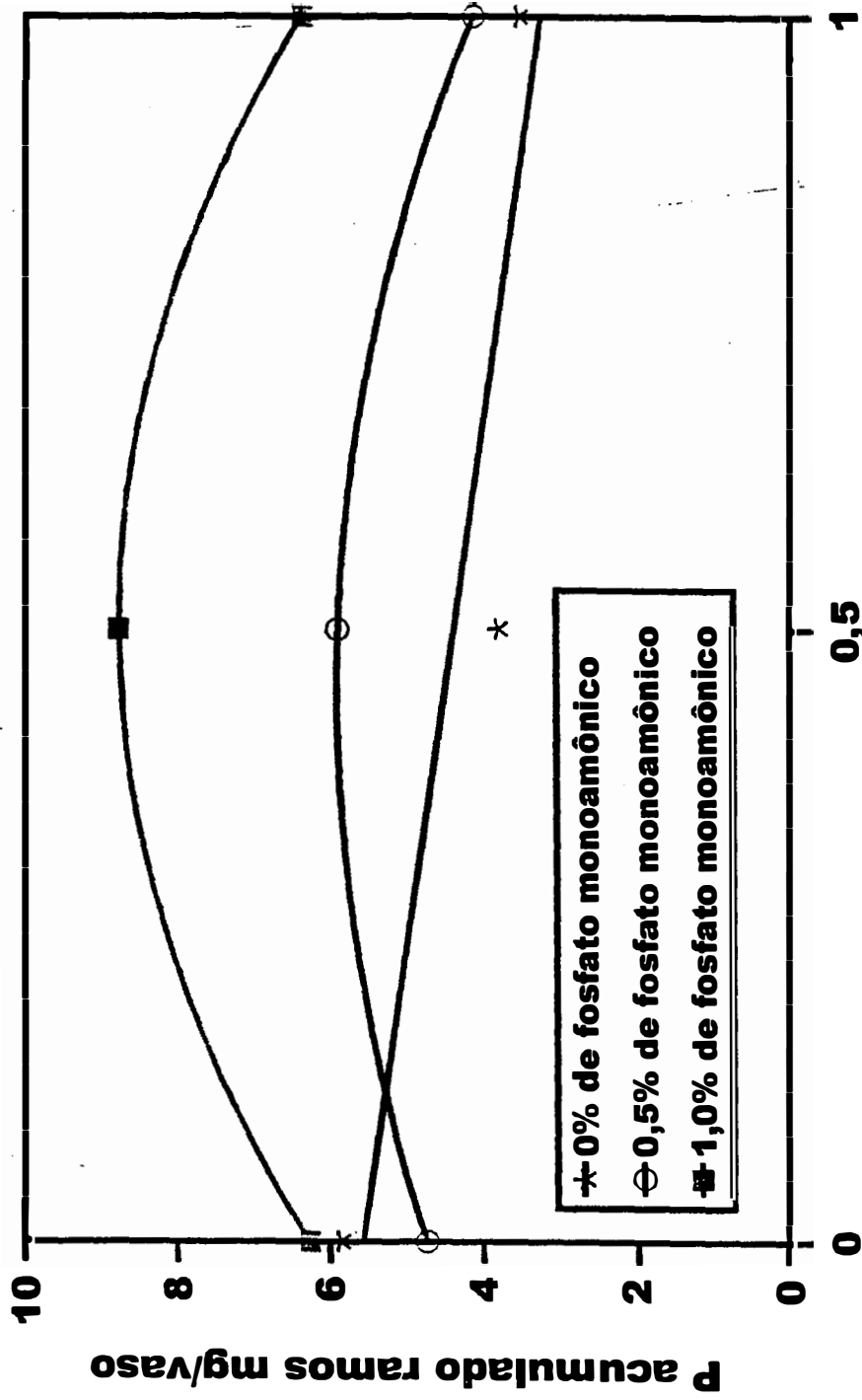
O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos nas quantidades acumuladas de fósforo.

O fósforo absorvido pelas folhas novas (Figura 17) mostrou um comportamento linear e quadrático. A aplicação de sulfato de zinco com a dose 0% de fosfato monoamônico provocou um efeito linear decrescente nos conteúdos de fósforo. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, ocorreu uma resposta quadrática, a quantidade de fósforo absorvida atingiu máximos de 39,445 mg/vaso e 50,833 mg/vaso com as doses 0,33% e 0,48% de sulfato de zinco, respectivamente.

As quantidades de fósforo absorvidas pelos ramos (Tabela 47) revelaram uma diminuição significativa pela aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, o uso da dose 0,5% de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos nos conteúdos do nutriente.

O acréscimo das doses de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco aumentou significativamente a acumulação de fósforo.

A absorção de fósforo pelos ramos conforme a Figura 18, foi representada por equações linear e quadrática. A aplicação de sulfato de zinco provocou uma resposta linear decrescente para a dose 0% de fosfato monoamônico. Entretanto, para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, houve um comportamento quadrático, atingindo um ponto máximo de 5,903 mg/vaso e 8,768 mg/vaso com as doses 0,44 e 0,50% de sulfato de zinco, respectivamente.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 18. Curvas de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P,0) = 5,579574 - 2,392533 * Zn \quad R^2 = 0,675 **$$

$$Y(P,0,5) = 4,749378 + 5,206611 * Zn - 5,872422 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y(P,1,0) = 6,266611 + 9,965033 * Zn - 9,923622 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Tabela 47 - Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	5,87 bAB	3,78 aA	3,48 aA
0,5	4,74 abA	5,88 bB	4,08 aA
1,0	6,26 aB	8,76 bC	6,30 aB
DMS ¹ 5% : 1,67			
DMS ² 5% : 1,24			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Através das Tabelas 45 a 47 e Figuras 16 a 18, nota-se que para a dose 0,5% de fosfato monoamônico a aplicação de sulfato de zinco aumentou a quantidade de zinco acumulado nas folhas velhas, reduzindo o acúmulo nas folhas novas e ramos. Esta redução da mobilidade de fósforo sugere uma redução de translocação do nutriente induzida pelo sulfato de zinco

4.2.3. Cálcio

4.2.3.1. Saturação por bases de 50%

4.2.3.1.1. Concentração

Os resultados das análises de variância das concentrações de cálcio na parte aérea das plantas encontram-se na Tabela 48. Houve efeito significativo dos dois fatores estudados no teor do nutriente.

Tabela 48 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	5,26*	3,05	0,15	0,05
Zn	2	1,99	2,60	4,98*	0,13
P * Zn	4	2,12	0,56	0,03	0,61
CV (%)		18,95	9,69	14,36	10,21

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da concentração de cálcio na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 49.

A concentração de cálcio no caule foi influenciada pelas doses de fosfato monoamônico. Houve uma redução significativa no teor do nutriente em função da aplicação da fonte.

Estes resultados não concordam com as observações de Oliveira et al. (1977), Bragança (1984) e Cardoso (1990), que observaram aumento nos teores de cálcio no material seco do cafeeiro, em função de doses crescentes de fósforo.

As médias dos teores de cálcio nas parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 50.

Tabela 49 - Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule g kg ⁻¹
0	3,630 b
0,5	3,237 ab
1,0	3,094 a
DMS 5%	0,419

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 50 - Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Folhas Novas g kg ⁻¹
0	13,894 a
0,5	15,404 b
1,0	15,556 b
DMS 5%	1,408

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O efeito das doses de sulfato de zinco sobre a concentração de cálcio nas folhas novas mostra que a aplicação da fonte provocou um aumento significativo no teor do nutriente.

Moyses (1988) constatou um aumento linear da concentração de cálcio nos ramos de cafeeiro, conforme aumentou a aplicação de sulfato de zinco na solução nutritiva.

4.2.3.1.2. Acúmulo

Os resultados referentes às análises de variância da quantidade acumulada de cálcio na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 51. Houve efeito significativo para todas as causas de variação nas quantidades extraídas do nutriente.

Tabela 51 - Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	2,70	13,92**	8,49**	0,43
Zn	2	1,52	0,10	0,09	6,97**
P * Zn	4	1,44	16,08**	2,37	2,07
CV (%)		21,96	14,05	22,39	20,24

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da absorção de cálcio pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 52.

Tabela 52 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Ramos mg/vaso	Folhas Novas
0	42,521 b	199,301 b
0,5	35,154 a	157,454 a
1,0	36,872 a	195,402 b
DMS 5%	3,520	27,036

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A quantidade acumulada de cálcio nas folhas novas foi influenciada pelas doses de fosfato monoamônico. Os conteúdos do nutriente diminuiram significativamente pela aplicação da dose 0,5%.

Para os ramos, a aplicação de fosfato monoamônico provocou uma redução significativa nas quantidades absorvidas de cálcio.

A redução dos valores do acúmulo de cálcio nos seus componentes da parte aérea, apresenta uma tendência similar em relação à concentração do nutriente, diminuindo com o aumento das doses de fosfato monoamônico aplicadas.

As médias da quantidade acumulada de cálcio pela parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 53.

Tabela 53 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco	Folhas Velhas
%	mg/vaso
0	290,673 a
0,5	321,273 ab
1,0	357,067 b
DMS 5%	42,890

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco nas quantidades extraídas de cálcio pelas folhas velhas. A aplicação da dose 1,0% aumentou significativamente o conteúdo do nutriente, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

Os dados mostram um comportamento similar em relação à concentração de cálcio nas folhas novas. A aplicação de sulfato de zinco provocou um aumento nas quantidades acumuladas de cálcio, o que pode ser atribuído aos maiores teores do nutriente no material seco desses componentes da parte aérea da planta.

Quanto à quantidade de cálcio extraída sob influência da interação P * Zn, a acumulação do nutriente nos ramos (Tabela 54) mostra uma redução significativa pela

aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Entretanto, para a dose 0,5% de fosfato monoamônico, ocorreu um aumento significativo nos conteúdos.

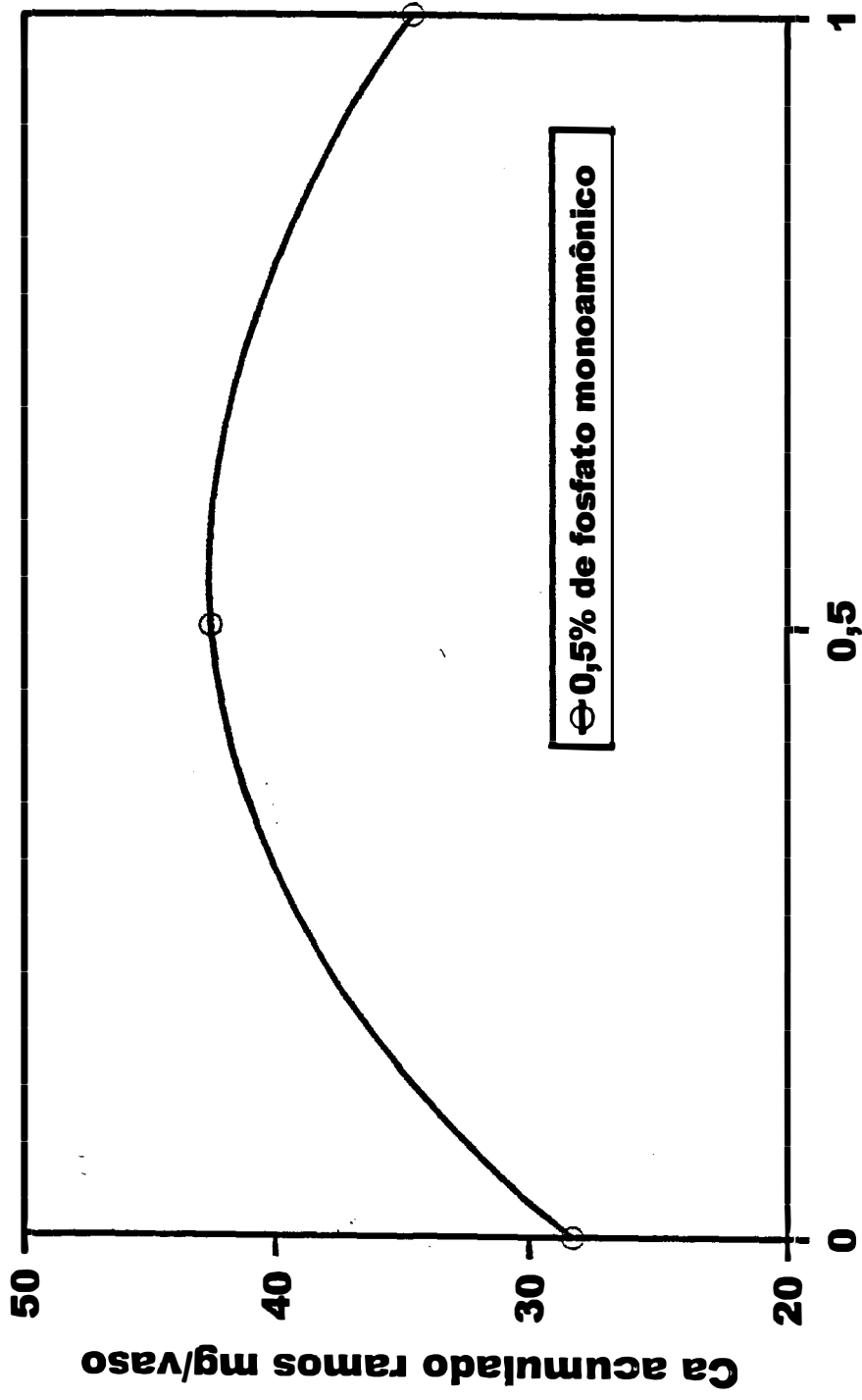
Tabela 54 - Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
0	50,03 bC	38,67 aAB	38,85 aAB
0,5	28,35 aA	42,57 cB	34,53 bA
1,0	36,89 abB	33,68 aA	40,03 bB
DMS ¹ 5% : 4,48			
DMS ² 5% : 5,19			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para a dose 0% de sulfato de zinco causou uma redução significativa na acumulação do nutriente. A aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 0,5% de sulfato de zinco causou uma redução no acúmulo do nutriente. Entretanto, para a dose 1,0% de sulfato de zinco ocorreu um aumento no conteúdo.

Conforme a Figura 19, a quantidade absorvida de cálcio pelos ramos foi representada por uma equação quadrática, atingindo um máximo de 42,787 mg/vaso para a dose 0,5% de fosfato monoamônico com a dose 0,57% de sulfato de zinco



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 19. Curva de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 28,35649 + 50,69049 * Zn - 44,51369 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Estes resultados indicam que a interação fosfato monoamônico * sulfato de zinco afetou a absorção de cálcio. O efeito depressivo nas quantidades acumuladas de cálcio permitem sugerir que houve uma inibição do sulfato de zinco sobre a absorção do nutriente.

4.2.3.2. Saturação por bases de 70%

4.2.3.2.1. Concentração

As análises de variância referentes à concentração de cálcio na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 55. Houve efeito significativo do fator Zn no teor do nutriente.

Tabela 55 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	1,28	1,16	1,04	0,08
Zn	2	1,31	4,70*	2,42	0,06
P * Zn	4	0,63	1,16	0,14	0,69
DMS 5%		18,67	10,59	10,73	10,14

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias do teor de cálcio na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 56.

Tabela 56 - Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco	Ramos
%	g kg ⁻¹
0	7,228 a
0,5	7,482 ab
1,0	7,888 b
DMS 5%	0,523

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A concentração de cálcio nos ramos foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. O uso da dose 1,0% aumentou significativamente o teor do nutriente, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

Observações semelhantes foram obtidas por Moyses (1988), que observou que a concentração de cálcio nos ramos do cafeeiro aumentou linearmente em função da aplicação de doses crescentes de zinco na solução nutritiva.

4.2.3.2.2. Acúmulo

Os dados obtidos das análises de variância referentes aos conteúdos de cálcio com base no peso do material seco da parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 57. Houve efeito significativo para todas as causas de variação sobre a acumulação do nutriente.

Tabela 57 - Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	0,15	9,74**	0,08	4,25*
Zn	2	1,42	11,00**	20,36**	1,40
P * Zn	4	5,67**	10,67**	7,36**	9,66**
CV (%)		24,56	17,72	20,38	19,98

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da quantidade de cálcio absorvida pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentados na Tabela 58.

Tabela 58 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico %	Ramos mg/vaso	Folhas Velhas
0	48,915 b	357,744 b
0,5	39,558 a	305,512 a
1,0	43,684 a	327,972 ab
DMS 5%	5,121	43,309

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

As quantidades de cálcio extraídas pelas folhas velhas foram influenciadas pelas doses de fosfato monoamônico. A aplicação da dose 0,5% causou uma redução significativa na acumulação do nutriente, não diferindo estatisticamente da dose 1,0%.

Com relação aos ramos, a absorção de cálcio diminuiu significativamente pela aplicação de fosfato monoamônico.

As médias das quantidades acumuladas de cálcio nos diferentes órgãos da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco, aparecem na Tabela 59.

O efeito das doses de sulfato de zinco sobre as quantidades extraídas de cálcio pelas folhas novas e ramos mostra que a aplicação da dose 1,0% provocou uma redução significativa no conteúdo do nutriente.

Tabela 59 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Ramos mg/vaso	Folhas Novas
0	46,682 b	279,898 b
0,5	47,171 b	281,774 b
1,0	38,303 a	202,742 a
DMS 5%	6,321	34,064

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao acúmulo de cálcio sob influência da interação P * Zn, os valores das quantidades absorvidas pelas folhas velhas (Tabela 60) revelam que a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco causou uma diminuição significativa na acumulação para a dose 0% de fosfato monoamônico e um aumento significativo para a dose 1,0%.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para as doses 0 e 1,0% de sulfato de zinco diminuiu significativamente as quantidades extraídas de cálcio e aumentou significativamente a acumulação para a dose 0,5%.

As folhas velhas mostraram um comportamento quadrático no conteúdo de cálcio (Figura 20) em função da aplicação de sulfato de zinco. Para a dose 0% de fosfato monoamônico a acumulação diminuiu a um valor mínimo de 273,939 mg/vaso com a dose 0,51%. A partir dessa dose a aplicação de sulfato de zinco provocou aumentos nas quantidades extraídas de cálcio, até um valor de 394,861 mg/vaso. Entretanto, para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, o acúmulo atingiu um valor máximo de 595,856 mg/vaso com a dose 0,55% de sulfato de zinco.

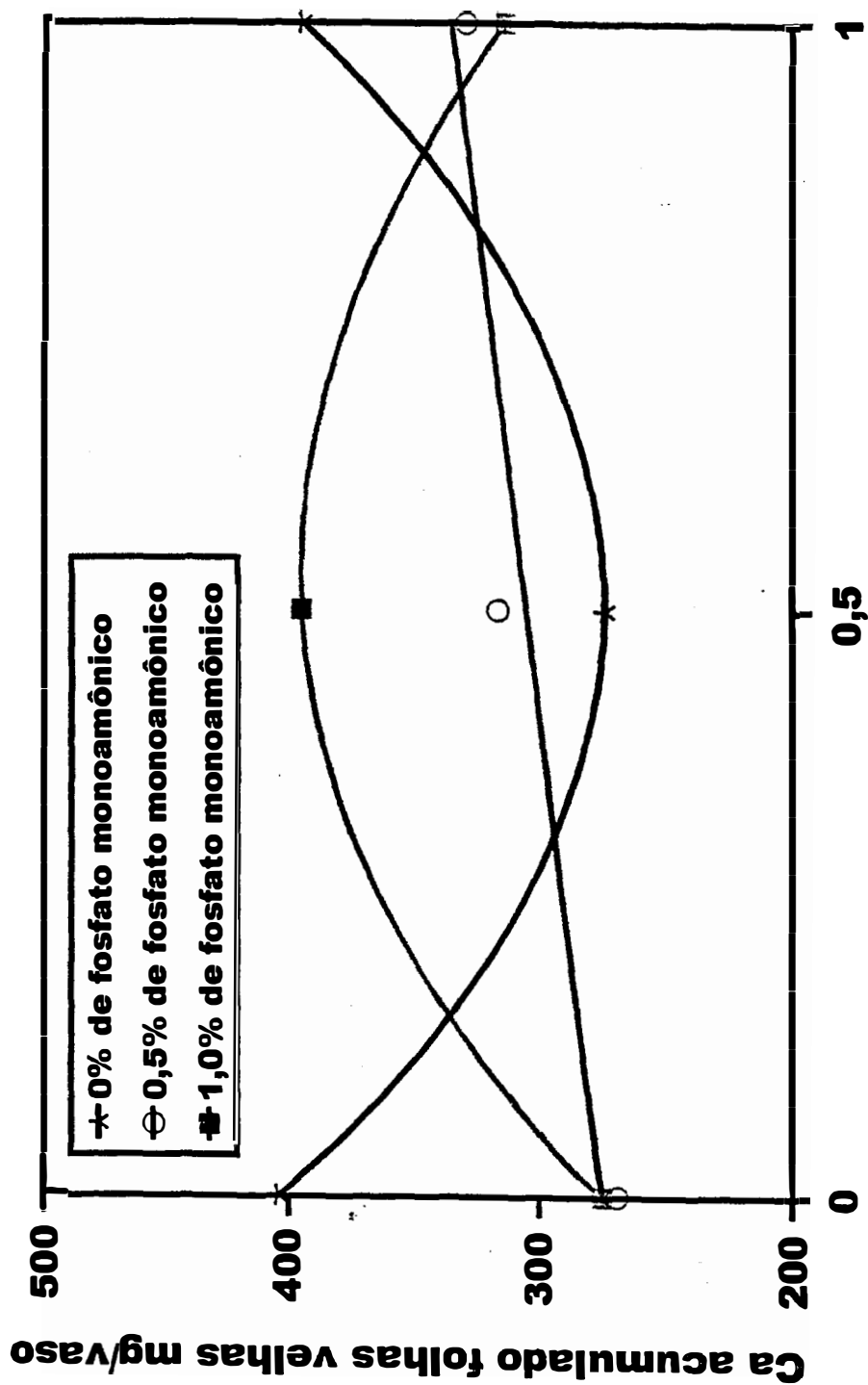
Tabela 60 - Quantidade acumulada de Ca nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	404,38 bB	273,98 aA	394,86 bB
0,5	269,40 aA	317,09 aA	330,03 aA
1,0	275,15 aA	394,92 bB	313,83 aA
DMS ¹ 5% : 72,00			
DMS ² 5% : 52,00			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os conteúdos de cálcio nas folhas novas (Tabela 61) indicam que o acréscimo das doses de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico diminuiu significativamente a acumulação do nutriente. Entretanto, a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico promoveu maiores quantidades absorvidas de cálcio.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para a dose 0% de sulfato de zinco diminuiu as quantidades de cálcio e aumentou o acúmulo para a dose 0,5%.



Dose de sulfato de zinco (%)
 Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = -404,3897 - 512,0928 * Zn + 502,564 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 0,5) = 275,1952 + 60,63447 * Zn \quad R^2 = 0,748 *$$

$$Y (P 1,0) = 275,1559 + 440,3996 * Zn - 401,7196 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Tabela 61 - Quantidade acumulada de Ca nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	324,36 bB	226,30 aA	217,19 aA
0,5	271,56 bA	303,95 bB	179,23 aA
1,0	243,75 aA	315,06 bB	211,82 aA
DMS ¹ 5% : 62,50			
DMS ² 5% : 50,94			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A quantidade de cálcio extraída pelas folhas novas mostrou um comportamento linear e quadrático (Figura 21). Houve um efeito linear decrescente no conteúdo pela aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, a resposta foi quadrática, o acúmulo atingiu valores máximos de 310,732 mg/vaso e 315,789 mg/vaso com as doses 0,35 e 0,45% de sulfato de zinco, respectivamente.

As quantidades de cálcio acumuladas nos ramos (Tabela 62) revelam uma diminuição significativa pela aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5 e 1,0%, a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco provocou maior absorção do nutriente.

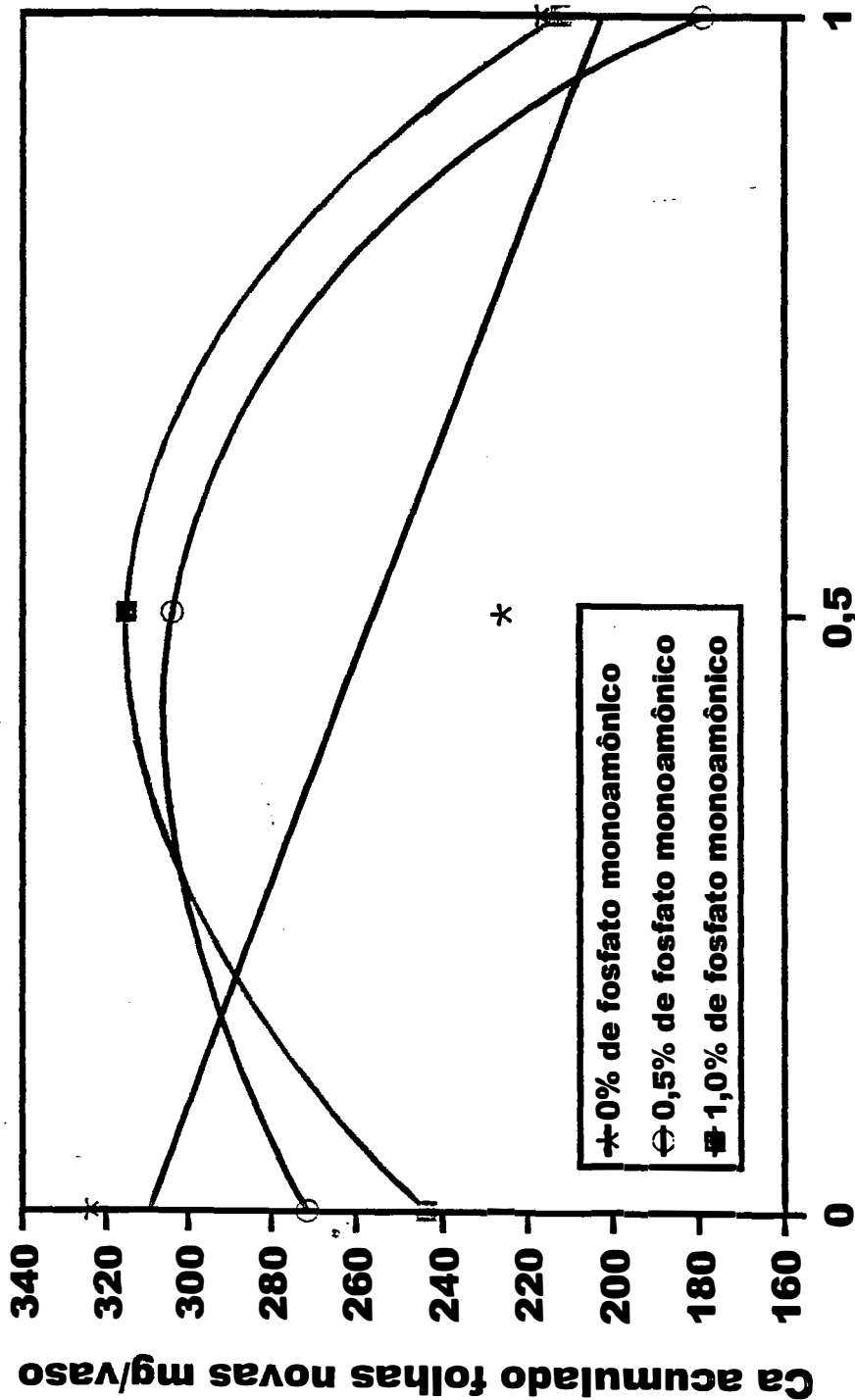


Figura 21. Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$\begin{aligned}
 Y(P\ 0) &= 309,5469 - 107,1956 * Zn & R^2 &= 0,629^{**} \\
 Y(P\ 0,5) &= 271,5693 + 221,8634 * Zn - 314,2002 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^* \\
 Y(P\ 1,0) &= 243,7598 + 317,1573 * Zn - 349,0938 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^*
 \end{aligned}$$

Tabela 62 - Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

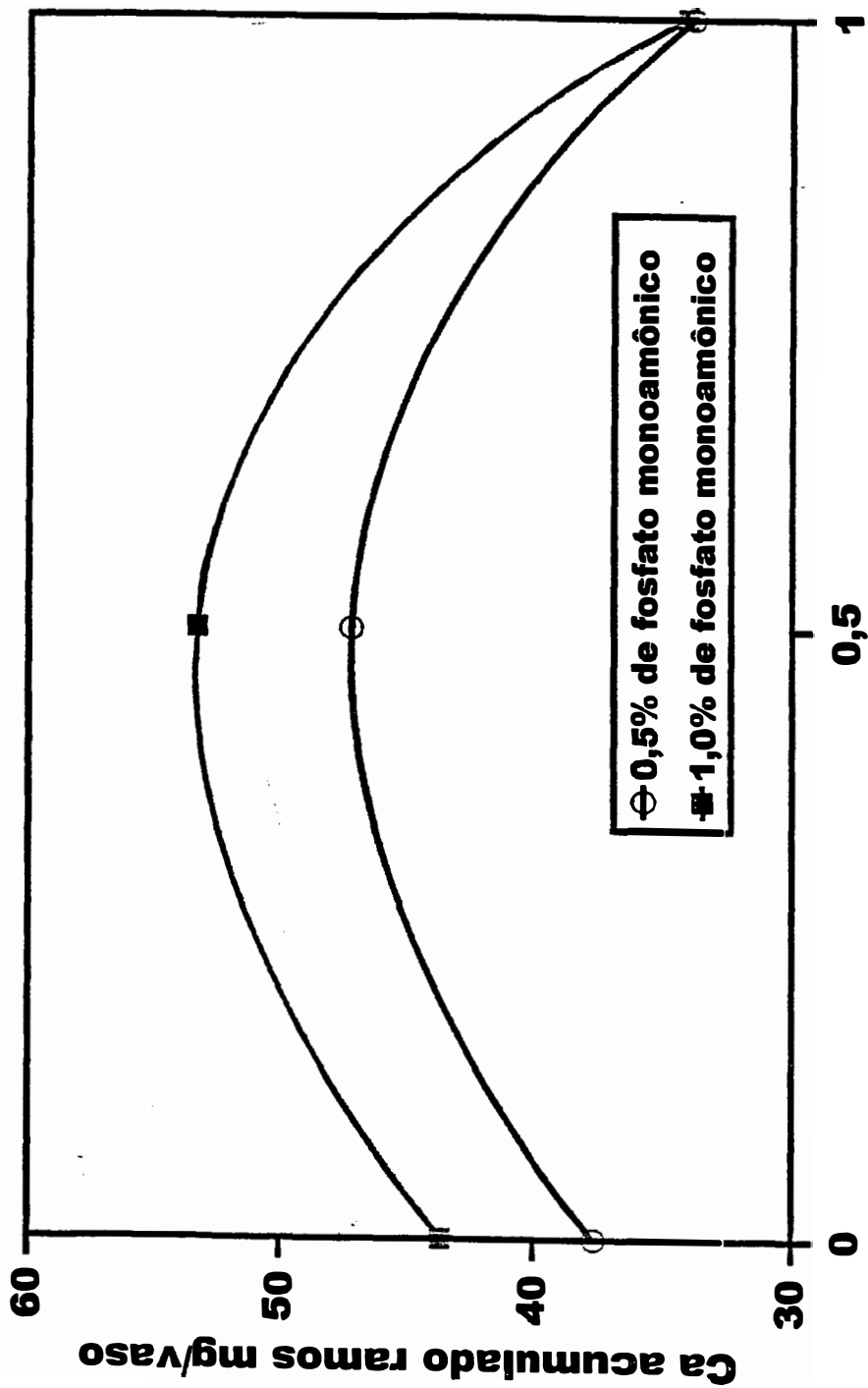
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	58,69 bB	41,09 aA	46,95 aB
0,5	37,65 aA	47,18 bAB	33,84 aA
1,0	43,69 bA	53,24 cB	34,11 aA
DMS ¹ 5% : 8,90			
DMS ² 5% : 10,35			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico resultou em menor absorção de cálcio para as doses 0 e 1,0% de sulfato de zinco.

Os valores das quantidades extraídas de cálcio pelos ramos foram representados por equações quadráticas (Figura 22). Houve um aumento na acumulação do nutriente para as doses 0,5 e 1,0% do fosfato monoamônico até valores máximos de 47,260 mg/vaso e 53,645 mg/vaso com as doses 0,46% e 0,42% de sulfato de zinco, respectivamente.

Com relação ao caule (Tabela 63), a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco com a dose 0% de fosfato monoamônico diminuiu significativamente as quantidades extraídas de cálcio. Entretanto, para a dose 0,5% de fosfato monoamônico ocorreu um aumento no acúmulo.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 22. Curvas de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 37,65213 + 41,92451 * Zn - 45,73516 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 1,0) = 43,69833 + 47,7722 * Zn - 57,35907 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

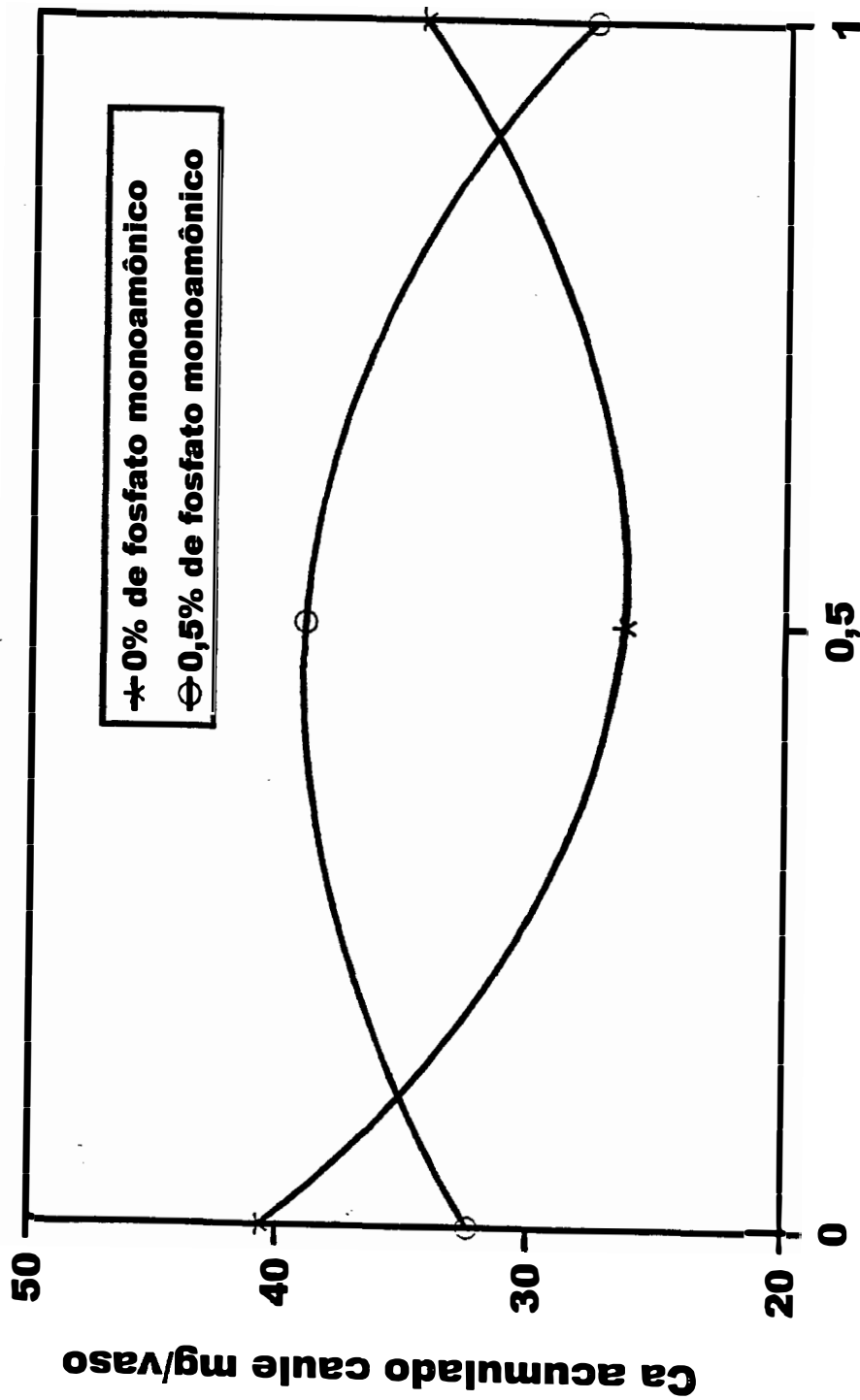
Tabela 63 - Quantidade acumulada de Ca no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	40,69 bB	26,40 aA	34,43 bA
0,5	32,36 abA	39,00 bB	27,63 aA
1,0	31,77 aA	38,36 aB	32,43 aA
DMS ¹ 5% : 7,42			
DMS ² 5% : 7,02			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico causou uma redução significativa nos conteúdos para a dose 0% de sulfato de zinco e um aumento significativo para a dose 0,5%.

Houve respostas quadráticas da absorção de cálcio pelo caule (Figura 23). Para a dose 0% de fosfato monoamônico, a aplicação de sulfato de zinco provocou uma redução no acúmulo a um mínimo de 26,189 mg/vaso com a dose 0,57%. Para a dose 0,5%, a acumulação atingiu um valor máximo de 39,162 mg/vaso com a dose 0,43% de sulfato de zinco.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 23. Curvas de resposta do cálcio acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P\ 0) = 40,69851 - 50,88929 * Zn + 44,62258 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y(P\ 0,5) = 32,36467 + 31,29929 Zn - 36,02898 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Estes resultados mostram que a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico afetou negativamente a absorção de cálcio de todos os componentes da parte aérea da planta de café. Porém, para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco promoveu maiores valores de acúmulo do nutriente.

Os resultados apresentados mostram a influência da interação fosfato monoamônico x sulfato de zinco sobre o acúmulo de cálcio. A aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco proporcionou um efeito depressivo no acúmulo de cálcio, devido à inibição no processo de absorção.

Confrontando-se os valores do acúmulo de cálcio nas folhas, ramos e caule, constata-se maior concentração média de cálcio nas folhas. O cálcio é considerado um nutriente imóvel no floema (Malavolta, 1980), não se transloca para as regiões mais novas com crescimento ativo (Marschner, 1986), ao alcançar esse componente da parte aérea da planta, não se redistribui com facilidade para os outros componentes, portanto, o maior acúmulo de cálcio situa-se nas folhas. Esse maior acúmulo também pode ser atribuído aos maiores teores do nutriente e/ou maior material seco foliar produzido.

A comparação da quantidade acumulada de cálcio nos componentes da parte aérea da planta, entre a saturação por bases de 50% e a saturação por bases de 70%, revela que a acumulação do nutriente foi maior na saturação por bases de 70%.

Com o aumento da saturação por bases, foram acrescentadas quantidades maiores de cálcio ao solo, em consequência, o corretivo coloca à disposição das plantas maiores quantidades de cálcio, que reflete nos maiores valores do nutriente, encontrados na parte aérea do cafeeiro.

Corrêa (1992) e Marques (1995) constataram que a aplicação de calcário promoveu aumentos nos teores de cálcio nas folhas do cafeeiro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de material seco do cafeeiro para a saturação por bases de 50% foi influenciada positivamente pela adubação fosfatada. Para a saturação por bases de 70%, os valores do acúmulo total de material seco mostraram um efeito positivo em função da aplicação de fosfato monoamônico e de sulfato de zinco.

Os efeitos da interação P * Zn sobre a produção, mostraram que a aplicação de doses de sulfato de zinco maiores que 0,5% para a dose 0,5% de fosfato monoamônico, causaram quedas no crescimento e produção das plantas, em razão da interação de inibição entre o P e o Zn. A saturação por bases de 70% mostrou maiores médias da quantidade acumulada de material seco com as doses 0,41 e 0,47% de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, respectivamente.

Para a saturação por bases de 50%, o teor de zinco e as quantidades acumuladas nos diferentes componentes da parte aérea aumentaram com a aplicação de sulfato de zinco. As maiores médias do nutriente ocorreram nas folhas velhas.

A quantidade absorvida de zinco foi influenciada negativamente pela aplicação de fosfato monoamônico.

Os efeitos da interação P * Zn mostraram que a quantidade acumulada de zinco diminuiu nas folhas novas pela aplicação da dose 0,5% e de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico, enquanto aumentou nos ramos.

Para a saturação por bases de 70%, a concentração e quantidade de zinco absorvido foram crescentes quando relacionadas com as doses de sulfato de zinco aplicadas. Os maiores valores do nutriente ocorreram nas folhas velhas.

A aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 10% de sulfato de zinco diminuiu a concentração do nutriente em função da interação P * Zn.

Os efeitos da interação P * Zn mostraram que as quantidades acumuladas de zinco nos diferentes componentes da parte aérea aumentaram com as doses de fosfato monoamônico aplicadas para a dose 0,5% de zinco e diminuíram para a dose 1,0% de sulfato de zinco.

Para a saturação por bases de 50%, a concentração de fósforo e as quantidades acumuladas do nutriente aumentaram com as doses de fosfato monoamônico aplicadas.

Os teores e quantidades de fósforo absorvido foram influenciadas negativamente pelas doses de sulfato de zinco aplicadas.

A concentração de fósforo na parte aérea das plantas aumentou nas folhas velhas com as doses de sulfato de zinco aplicadas para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, enquanto diminuiu nas folhas novas.

Os efeitos da interação P * Zn revelaram que a quantidade de fósforo absorvido pelas folhas velhas aumentou para a dose 1,0% de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico, enquanto o acúmulo diminuiu nos ramos.

Para a saturação por bases de 70%, a concentração e as quantidades acumuladas de fósforo aumentaram em função das doses de fosfato monoamônico.

A concentração de fósforo nos diferentes componentes aumentou quando relacionadas com as doses de sulfato de zinco, com exceção do caule, enquanto as quantidades acumuladas diminuíram nos diferentes componentes, com exceção das folhas velhas.

Os efeitos da interação P * Zn revelaram que o teor de fósforo nos tecidos da planta foi influenciado positivamente pela aplicação de fosfato monoamônico e sulfato de zinco.

Os efeitos da interação P * Zn mostraram que a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico aumentou as quantidades acumuladas de fósforo nas folhas velhas, enquanto diminuíram nas folhas novas e ramos.

Para a saturação por bases de 50%, os teores e quantidades absorvidas de cálcio decresceram quando relacionados com as doses de fosfato monoamônico.

O teor e quantidades de cálcio absorvido foram crescentes em função das doses de sulfato de zinco aplicadas.

A quantidade acumulada de cálcio aumentou com a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico.

Para a saturação por bases de 70%, os teores de cálcio aumentaram em função das doses de sulfato de zinco, enquanto as quantidades acumuladas do nutriente diminuíram.

O acúmulo de cálcio pelas plantas diminuiu com as doses de fosfato monoamônico aplicadas.

Os efeitos da interação P * Zn revelaram maior absorção de cálcio com a dose 0,5% de sulfato de zinco para as doses 0,5% e 1,0% de fosfato monoamônico.

O acréscimo no teor e conteúdo de cálcio na parte aérea das plantas foi ocasionado pela maior quantidade de carbonato de cálcio aplicado.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido este experimento, os dados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

- A resposta na produção de material da parte aérea e nos teores e quantidades acumuladas de fósforo e zinco à aplicação de fosfato monoamônico e sulfato de zinco, mostram a importância da adubação com fósforo e zinco no cafeeiro.
- O efeito depressivo no acúmulo total de material seco em função da interação P * Zn pode ser explicado pela inibição não competitiva na absorção entre o P e o Zn.
- Os efeitos da interação P * Zn nas quantidades de zinco acumulado nos componentes da parte aérea das plantas de café para a saturação por bases de 70%, mostram uma absorção reduzida de zinco, que pode ser atribuída à adubação fosfatada.
- A interação P * Zn mostra um efeito depressivo sobre a translocação do fósforo na parte aérea da planta, o que pode ser atribuído à inibição do sulfato de zinco na absorção do fósforo.

- As concentrações e quantidades extraídas de cálcio mostram um aumento em função da aplicação de fosfato monoamônico, enquanto os teores de cálcio revelam uma diminuição pela aplicação de sulfato de zinco.

- Os efeitos da interação P * Zn indicam um efeito depressivo nas quantidades acumuladas de cálcio, que pode ser atribuído ao sulfato de zinco na absorção do nutriente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, E.J.; CARVALHO, M.M. de; CARVALHO, J.D. Efeitos da aplicação foliar de sulfato de zinco, na presença e ausência de cloreto de potássio, no teor de zinco nas folhas e na produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1990. p.116-117.

ABRAHÃO, E.J.; ALMEIDA, E. de; BARROS, A.T.; MOURÃO, M.G.; CARVALHO, J.G. Efeitos de doses de sulfato de zinco, em mistura com cloreto de potássio, aplicados por via foliar, em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., Maringá, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1989. p.58-59.

BARROS, U.V.; SANTINATO, R.; FIGUEIREDO, J.P.; SILVA, O.A. Modo de adubação e fornecimento do fósforo ao cafeeiro em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.98-100.

BATAGLIA, O.C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed) **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, IAPAR, SBCS, 1988. 317p.

BLANCO, H.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, D.A. Absorção de zinco por tecido foliar de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.39, n.1, p.1-12, jan./mar. 1972a.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; HAAG, H.P. Absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Efeito de diferentes compostos de zinco e do pH da solução externa. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.39, n.1, p.13-18, jan./mar. 1972b.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; HAAG, H.P. Absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). I. Técnica para emprego de soluções não radiativas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.38, n.4, p.181-189, out./dez. 1971.

BRAGANÇA, J.B.; PEREIRA, J.E.; PAULINO, A.J. Modos e frequência de aplicação de fósforo na formação e produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., São Lourenço, 1981. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1981. p.256-257.

BRAGANÇA, S.M. Efeitos de fontes e doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, 1984. 94p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

CAMARGO, O.A. de. Micronutrientes no solo. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.) **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, IAPAR, SBCS, 1988. 317p.

CAMARGO, P.N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Herba Ltda, 1975. 258p.

CARDOSO, E.L. Avaliação do desenvolvimento de cultivares e progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes doses de fósforo no substrato. Lavras, 1990. 74p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

CARVALHO, M.M.; DUARTE, G.S.; RAMALHO, M.A.P. Efeito da composição do substrato no desenvolvimento de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., Caxambú, 1976. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1976. p.240-241.

CHAVES, J.C.D. Métodos de fornecimento de zinco em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., Maringá, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1989. p.28-29.

CLEMENTE, C.M. Nutrição mineral e crescimento de mudas de cafeeiro sob influência de *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), matéria orgânica e fósforo. Lavras, 1989. 145p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

CORDEIRO, A.T.; ALVES, J.D.; RENA, A.B.; ALVAREZ-V, V.H. Absorção foliar de zinco pelo cafeeiro na presença de cloreto de potássio e oxiclreto de cobre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1990. p.34-35.

- CORRÊA, J.B. Associação calcário/gesso na melhoria das condições químicas do solo para cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em crescimento. Lavras, 1992. 104p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
- COSTA, P.C.; SANTINATO, R.; FIGUEIRA, F.U.V. Eficiência de adubo foliar formulado no fornecimento dos micronutrientes zinco e boro em comparação à aplicação de sais na cultura do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., Araxá, 1992. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1992. p.65-67.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Micronutrientes na planta. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.65-78.
- DEVARAJAN, E.; KULASEKARAN, M.; ARUMUGAN, R. Studies on foliar nutrition of coffee. **South Indian Horticulture**, v.39, n.6, p.366-373, 1991.
- EZEQUIEL, A.C. Efeitos da adição de boro e zinco a substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, 1980. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
- FAVARO, J.S.A. Crescimento e produção de *Coffea arabica* L. em resposta à nutrição foliar de zinco na presença de cloreto de potássio. Viçosa, 1992. 91p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.

FENNER, R.J.; ADAMSON, E. The response of coffee (*Coffea arabica* L.) to the foliar application of zinc oxide. **Zimbabwe Agricultural Journal**, v.79, n.4, p.131-132, July 1982.

FIGUEIREDO, J.P.; COSTA, P.C. Estudo de fontes, doses e associações de fósforo solúvel, insolúvel e orgânico na formação do cafeeiro em solo LVA cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13., São Lourenço, 1986. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.63-65.

GARCIA, A.W.R.; SALGADO, A.R. Absorção de zinco pelo cafeeiro através de sais e misturas quelatizadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., São Lourenço, 1981. **Anais**. Rio de Janeiro, IBG, GERCA, 1981. p.39-47.

GARCIA, A.W.R.; MARTINS, M.; TOLEDO, A.R. Notas sobre absorção de zinco e boro, via foliar, pelo cafeeiro na presença de outros sais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8., Campos do Jordão, 1980. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1980. p.1-2.

GARCIA, A.W.R.; MATIELLO, J.B.; FERREIRA FREIRE, A.C.; SALGADO, P.R. Níveis de fósforo (P_2O_5) no plantio do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.183-184.

GARCIA, A.W.R.; PEREIRA, J.M.; SALGADO, A.R.; VENGA, R. Estudo da substituição e/ou complementação de nutrientes (N, P e K) por via foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.215-220.

GARCIA, A.W.R.; SALGADO, A.R.; FREIRE, A.C.; PEREIRA, J.M. Estudo de produtos visando o fornecimento de zinco e boro ao cafeeiro, via foliar e via solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.319-322.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1990. 498p.

GOPAL, N.H.; BALASUBRAMANIAN, A. Studies on phosphorus nutrition using ^{32}P in coffee plants. **Indian Coffee**, v.39, n.2, p.58-63, Feb. 1975.

GOPAL, N.H.; BALASUBRAMANIAN, A.; VAUDEVA, A. Absorption, translocation and accumulation of phosphorus using labelled superphosphate (^{32}P) in arabica and robusta coffee plants. **Indian Coffee**, v.41, n.1, p.25-29, Jan. 1977.

GRILLO, J.M.; SILVA, J.B.S. Efeito da adubação com zinco sobre a absorção de fósforo por mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação. **Poliagro**, v.7, n.1, p.28-34, 1985.

GUIMARÃES, P.T.G.; PONTE, A.M. de. Adubação do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.4, n.44, p.20-36, 1978.

GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.C.; MELLES, C.C.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. XXXVIII. Efeitos de aplicação foliar de doses de sulfato de zinco na produção e na composição mineral das folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.40, n.1, p.497-507, 1983.

KUPPER, A.; GARCIA, A.W.R.; SANTINATO, R.; TOSTES, R.L.; SILVA, O.A. Efeito de doses crescentes de óxido de zinco e sulfato de zinco em cafeeiros em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.383-386.

KUPPER, A.; SILVA, O.A.; GARCIA, A.W.R.; SANTINATO, R.; BARROS, U.V. Fontes (óxido e sulfato) de zinco, em doses crescentes, aplicadas na cova de plantio do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.348-351.

LACERDA, M.P.; VIANA, A.S.; ANDRADE, P.C. Estudo de níveis de P_2O_5 no plantio e na formação de cafeeiros em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13., São Lourenço, 1986. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1986. p.63-66.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-274.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARQUES, E.S. Calcário e gesso na nutrição mineral e produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, 1995. 66p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.
- MARTINS, M.; WANDER, A.; GARCIA, R.; SALGADO, P.R.; CORREA, J.B. Estudo comparativo de produtos comerciais visando fornecer boro e zinco ao cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., São Lourenço, 1981. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1981. p.364-367.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed., Switzerland International Potash Institute, 1987. 687p.
- MORAES, F.R.P.; CERVELLINI, G.S. Fontes de fósforo na formação de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. **Anais**. Rio de Janeiro: SBCS, 1975. p.211-213.
- MORAES, F.R.P.; HEINRICH, W.O.; CERCELLINI, G.S. Emprego de fosfato monoamônico e de uréia por via foliar em cafezal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7., Araxá, 1979. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1979. p.42-43.

- MOYSES, E.L.F.D. Acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv catuai em solução nutritiva com diferentes doses de zinco e pH. Piracicaba, 1988. 147p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, A.J.; SANTINATO, R.; MIGUEL, A.E.; PEREIRA, J.E. Efeito de doses crescentes de superfosfato simples em substrato na formação de mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., Guarapari, 1977. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1977. p.177-181.
- OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; COSTA, J.D.; DECHEN, A.R. Adubação não radicular com duas fontes de zinco em *Coffea arabica* L. "Mundo Novo" (B. Rodr.) Choussy. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.38, n.1, p.23-69, 1981.
- PAULA, M.B. de. Composição mineral foliar do café (*Coffea arabica* L.) efeitos de pulverização com zinco e boro. Viçosa, 1975. 43p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MESQUITA FILHO, L. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.114, p.33-42, Jan. 1982.
- PEREIRA, J.E.; OLIVEIRA, J.A. de; KUPPER, A. Fontes, modos de aplicação e doses de zinco, na produção do cafeeiro, em Latossolo vermelho amarelo distrófico húmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.203-05.

- PEREIRA, J.F.; CRAFTS, A.S.; YAMAGUSHI, S. Translocation in coffee plants. **Turrialba**, v.13, p.63-79, 1963.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, n.3, p.184-187, set./dez. 1979.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 31p. (IAC. Boletim Técnico, 81).
- RENA, A.B.; CORDEIRO, A.T.; ALVES, J.D. Absorção foliar de zinco pelo cafeeiro na presença de uréia e cloreto de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1990. p.40.
- SANTINATO, R.; CAMARGO, R.P. Eficiência e doses do produto comercial ager-zinco no suprimento de zinco no cafeeiro, comparativamente ao sulfato de zinco isolado e associado ao cloreto de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., Maringá, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1989. p.195-198.
- SANTINATO, R.; MATIELLO, J.B.; FERNANDES, D.R.; CAMARGO, R.P. Teste de equivalência nutricional entre sais e quelato de zinco na aplicação foliar no cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13., São Lourenço, 1986. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1986. p.133-135.

- SANTO, J.E.; BARROS, U.V.; SANTINATO, R. Efeitos de doses de sulfato de zinco na formação do cafeeiro em solos húmicos, no Jequitinhonha-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.183-184.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 55p.
- SILVA, J.B.S. da. Influência de doses de sulfato de zinco, aplicadas por via foliar, sobre a produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, 1979. 62p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
- SILVA, O.A.; SANTINATO, R. Fontes (óxido e sulfato) de zinco, em doses crescentes, aplicadas na cova no plantio de cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 130., São Lourenço, 1986. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1986. p.149-151.
- SOUZA, C.A.S. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) inoculadas com *Gigaspora margarita* (Becker & Hall) em substrato com ou sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples. Lavras, 1987. 236p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
- SOUZA, E.C.A. de; FERREIRA, M.E. Zinco. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.219-242.

SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O.; PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soil with appreciable amount of exchangeable aluminum. *Soil Science of America Proceedings*, v.25, p.274-277, Jan./Feb. 1961.

TONELLI, C.T. Efeito de doses e número de aplicações de nitrocálcio e superfosfato simples em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podadas. Lavras, 1987. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

VIANA, A.S. Estudo de doses, fontes e número de aplicações de nitrocálcio e superfosfato simples em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podadas. Lavras, 1987. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; FIORAVANTE, N. Estudo de doses, fontes e modos de aplicação de adubos fosfatados associados a calagem em solos LEd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. *Anais*. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.210-213.

VIANA, A.S.; FLORENCE, M.L.D.; GARCIA, A.W.R.; FIORAVANTE, N. Estudo de fontes e doses de enxofre e zinco na formação de cafeeiros em solos LEd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. *Anais*. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.257-260.