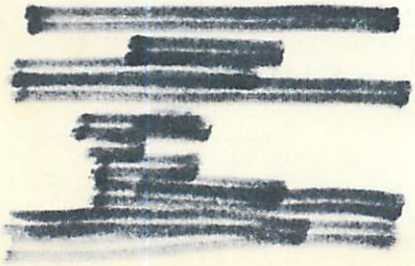
JOÃO BATISTA SOARES DA SILVA

INFLUÊNCIA DE DOSES DE SULFATO DE ZINCO, APLICADAS POR VIA FOLIAR, SOBRE A PRODUÇÃO DO CAFEEIRO (*Coffea arábica* L.)

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras como parte das exigências do curso de mestrado em "Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de "Magister Scientiae".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1 9 7 9



INFLUÊNCIA DE DOSES DE SULFATO DE ZINCO, APLICADAS POR VIA FOLIAR, SOBRE A PRODUÇÃO DO CAFEEIRO (*Coffea arábica* L.)

APROVADA:

Prof. Alfredo Scheid Lopes
Orientador

Prof. Milton Moreira de Carvalho
Co-orientador

Prof. Jeziel Cardoso Freire

Prof. Paulo Cesar Lima

Engº Agrº Paulo Tácito Gontijo Guimarães

DEDICO

Aos meus pais

a minha espôsa

aos meus filhos

aos cafeicultores

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras e ao Instituto Brasileiro do Café - GERCA, na pessoa do Dr. José Brás Matiello, que me possibilitaram a realização deste curso.

Ao professor Alfredo Scheid Lopes, pela valiosa orientação.

Ao professor Milton Moreira de Carvalho pela prestimosa contribuição.

Ao professor Paulo Cesar Lima pelos subsídios oferecidos nas análises estatísticas.

Ao professor Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, pelo incentivo.

Aos colegas do Departamento de Ciências do Solo da ESAL pelo apoio que sempre me ofereceram.

Aos amigos do Instituto Brasileiro do Café - GERCA, especialmente ao Técnico Agrícola e Administrador de Empresas Navantino Fioravante e ao Sr. Ivo Domiguito pela ajuda na montagem e condução do experimento durante todo o tempo necessário.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JOÃO BATISTA SOARES DA SILVA, filho de João Batista Ribeiro da Silva e Violeta Soares Batista da Silva, nasceu em Lavras, Minas Gerais, a 17 de setembro de 1946.

Diplomou-se em Agronomia, em 1969, pela Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em 1970, ingressou no serviço de Extensão Rural de Minas Gerais (Ex. ACAR), como Supervisor Local, em Nepomuceno, Minas Gerais, onde permaneceu até agosto de 1970.

Em setembro de 1970, ingressou por concurso no Instituto Brasileiro do Café - GERCA, como agrônomo do escritório de Caratinga, Minas Gerais. Em abril de 1972 foi transferido para o Serviço Regional de Assistência à Cafeicultura do IBC-GERCA em Varginha, MG, ocupando aí o cargo de assessor de Divulgação Rural e Cooperativismo, permanecendo nesta função até fevereiro de 1973. A partir de fevereiro de 1973 até dezembro de 1977 participou do quadro de pesquisadores do I.B.C. - GERCA, em Varginha, desenvolvendo trabalhos de pesquisas sobre nutrição e tratos culturais do cafeeiro.

Em dezembro de 1977 foi contratado pela Escola Superior de Agricultura de Lavras para trabalhar no Departamento de Ciências do Solo, onde permanece.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE QUADROS

Quadro Página

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

Com o Programa de Renovação de Cafezais lançado pelo Governo Brasileiro em 1970, a cafeicultura nacional apresentou uma grande expansão em área cultivada. De modo geral, e, especialmente, no sul de Minas Gerais, os solos escolhidos para a instalação de novos cafezais foram aqueles que apresentavam topografia favorável à mecanização, pois o fator mão-de-obra era de grande significância econômica para o desenvolvimento desta nova cafeicultura, conforme INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (12).

Geralmente, dentro das regiões cafeeiras do sul de Minas Gerais os solos que apresentam topografia favorável são os latossolos. Estes solos, normalmente, possuem alto índice de intemperismo, predomínio de argilas silicatadas do grupo 1:1 e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, são profundos e bem estruturados, ou seja, possuem boas propriedades físicas. No entanto, em relação as suas características químicas manifestam uma pequena capacidade de troca de cátions e uma acentuada deficiência de nutrientes, segundo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (10).

Como era de se esperar, as lavouras de café implantadas neste tipo de solo manifestaram vários problemas nutricionais, e dentre estes, a deficiência do micronutriente zinco se destacou pela severidade com que vem ocorrendo, conforme citam: MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11); INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (12); CHEBABI & GONÇALVES (18); FRANCO & MENDES (24); GALLO et alii (25); GALLO et alii (26); LOTT et alii (33) e MALAVOLTA (36).

A deficiência de zinco é comum na cultura do café em diversas

regiões do mundo conforme demonstram os trabalhos de ADUAYI (1); ANANTH (2) ; ANANTH & CHOKKANNA (3); BAKER (7); FRANCO & MENDES (24); GALLO et alii (25); GONZALES et alii (27); MOWRY (43); MULLER (44) e PEREZ (50), tendo sido usados, com maior frequência, pulverizações com sais e quelatos de zinco para corrigi-la, segundo citam ANANTH & CHOKKANNA (3), MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11) e CHEBABI & GONÇALVES (18).

No entanto, a dose ideal de zinco para cafeeiros em produção é controvertida, sendo citadas na maioria dos trabalhos em termos de percentagem de concentração (peso do sal/volume de água), e muitas vezes sem caracterização detalhada do solo, inclusive do seu nível de zinco e da lavoura estudada. ANANTH et alii (4) citam a concentração de 0,25% de sulfato de zinco como a ideal. ANANTH & RAO (5) consideram como satisfatória a concentração de 0,44% de oxi-sulfato de zinco (50% de Zn metálico) e 0,25% de sulfato de zinco (22% de Zn metálico). Já FRANCO & MENDES (24) e CHEBABI & GONÇALVES (18) consideram ideal para o Estado de São Paulo, aplicações de sulfato de zinco, a 0,6% de concentração.

A determinação de um nível crítico de zinco nas folhas (3º ou 4º par) do cafeeiro em produção, também não é ponto concordante entre os autores. CULOT et alii (20), encontraram teores de zinco variando de 15 a 50 ppm nas folhas de cafeeiros, e declararam não possuir números suficiente de dados para estabelecer um nível crítico, porém, acreditam que um teor de 15 a 20 ppm pode ser considerado baixo. MEDCALF et alii (41), encontraram teores de zinco em folhas de cafeeiro variando de 10 a 12 ppm, em plantas cultivadas no campo e tratadas com vários quelatos metálicos sem apresentarem sintomas de deficiência de zinco. LOTT et alii (33) em cafezais de São Paulo e Paraná, obtiveram concentrações variáveis conforme a estação do ano e a localidade, consideram 8 ppm como um valor aproximado do nível crítico para São Paulo.

Pelo exposto evidencia-se que deve existir uma dose ótima de sulfato de zinco a ser fornecida ao cafeeiro em produção onde a resposta é máxima. Caso as aplicações de sulfato de zinco forem excessivas, haverá fitotoxicidade ao cafeeiro, afetando a sua produção. Objetiva-se, portanto, determinar a dose de sulfato de zinco ($ZnSO_4.7H_2O$ - 22% de Zn) a ser aplicada via foliar,

por ano, por cova com duas plantas, de cafeeiro em produção. Pretende-se também verificar as relações entre as doses aplicadas e o teor de zinco nas folhas e entre teor de zinco nas folhas e produções obtidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O zinco no solo

Segundo TISDALE & NELSON (59), o teor de zinco na litosfera é estimado em aproximadamente 80 ppm, variando numa faixa de 10 a 300 ppm. Esta variação é função da rocha matriz e dos minerais que a constitui. SLATER (56), informa que os principais minerais de zinco são os seguintes: 1) Esfalerita (ZnS), 2) Smithsonita ($ZnCO_3$), 3) Willenita (Zn_2SiO_4), 4) Calamina ou Hemimorfita ($H_2Zn_2SiO_5$), 5) Zincita (ZnO) e 6) Frankilinita ($ZnFe_2O_4$).

Os autores comentam que a presença do zinco no solo não implica diretamente na sua disponibilidade para as plantas, pois esta disponibilidade é afetada por vários fatores como por exemplo:

a) pH do solo - MALAVOLTA (36) comenta que geralmente o zinco é mais disponível para as plantas em solos ácidos, do que em solos alcalinos, e que a falta de zinco em solos ácidos indica níveis muito baixos do elemento no material de origem. Informa também que a adubação nitrogenada, pode, através de alterações induzidas no pH, aumentar ou diminuir a absorção do zinco.

b) Nível de fósforo no solo - Segundo TISDALE & NELSON (59) é frequente a deficiência de zinco em solos ricos em fosfato e citam como exemplo a cultura de citrus na Flórida. OLSEN (47) explica este fenômeno comentando as seguintes possibilidades: 1) diminuição da disponibilidade de zinco por combinação com H_2PO_4; 2) Redução da disponibilidade do zinco por combinação com o cátion acompanhante do fosfato; 3) precipitação do fosfato de zinco na superfície das raízes; 4) redução na translocação do zinco das raízes para a

parte aérea por causa do alto nível de fosfato nos tecidos condutores; 5) diminuição no teor de zinco da parte aérea por um efeito de diluição, isto é, devido ao maior crescimento por efeito da adubação fosfatada.

c) Matéria orgânica do solo - De acordo com MALAVOLTA (36) o teor de zinco é geralmente mais alto nas camadas superficiais, o que pode ser devido à deposição e incorporação de restos vegetais ou de resíduos industriais que foram emitidos na atmosfera e depois se depositaram no solo, afirmação com a qual concorda FASSBENDER (23). Porém, TISDALE & NELSON (59), afirmam que deficiências de zinco têm sido observadas, algumas vezes, em solos ricos em matéria orgânica, especialmente os adubados com esterco de animais. Comentam que em alguns casos a esterilização de solos deficientes em zinco tem propiciado uma correção da deficiência, explicam este fato sugerindo que os microorganismos podem estar imobilizando o zinco existente.

d) Adsorção pelos constituintes do solo - TISDALE & NELSON (59) comentam que o zinco é adsorvido pelas argilas minerais e pelos carbonatos de cálcio e de magnésio. Afirmam que estas reações de adsorção podem reduzir o zinco disponível a níveis deficientes. REDDY & PERKINS (53) confirmam que o zinco é fixado nos minerais de argila por precipitação física em seus látices ou são fortemente adsorvidos nos locais de troca, principalmente na Bentonita e Ilita.

e) Outros fatores - Segundo MALAVOLTA (36) a disponibilidade do zinco pode estar condicionada ainda aos seguintes fatores: 1) falta de aeração no sistema radicular, aumentando o teor de zinco nas raízes; 2) as baixas temperaturas diminuem a solubilidade e a disponibilidade do zinco; 3) o magnésio pode aumentar a disponibilidade do zinco, pois possui raio iônico semelhante, deslocando o zinco de compostos relativamente insolúveis.

No que diz respeito a metodologia para determinação da quantidade de zinco nos solos não se tem um método de uso rotineiro e concordante nos laboratórios brasileiros. LOPES (31) trabalhando com solos sob vegetação de cerrado e utilizando KCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N (extrator de Mellich) como extrator, encontrou em 518 amostras analisadas uma amplitude de variação de 0,2 a 2,15 ppm e a mediana de 0,6 ppm. Considerou o nível crítico de zinco no solo

de 1 ppm, conforme sugestão da North Caroline State University para culturas sensíveis a este elemento, e observou que 95% das amostras apresentaram teores abaixo do nível crítico.

2.2. O zinco na planta

Segundo MALAVOLTA (36) a absorção do zinco pela planta se dá na forma iônica (Zn^{++}), e o seu transporte ascendente no xilema parece ser também nesta forma, devido a baixa estabilidade do complexo Zn-citrato. Este autor informa que apesar dos sintomas de deficiência de zinco se manifestarem primeiro nas folhas mais novas, o Zn^{++} é transportado no floema quando aplicado nas folhas e redistribui-se por outras partes chegando as raízes. Isto indica que o fluido do xilema não está fixamente estável, em alguns casos a translocação do Zn^{++} dentro da planta pode ser facilitada, deslocando-se de órgãos vegetativos e acumulando-se nas sementes. Sob certas condições o zinco se localiza no citoplasma das células das plantas, conforme citam ERNST & WEINER (22) que estudaram a distribuição intracelular do zinco e verificaram que mais de 50% do total se acumulou no vacuólo e 10% na parede celular.

EPSTEIN (21), descrevendo os sintomas da deficiência de zinco, diz que a ausência do zinco causa um impacto no crescimento vegetal, provocando um encurtamento dos internódios e fazendo com que as folhas dos diversos nós fiquem muito próximas uma das outras e no mesmo plano, assemelhando-se a uma roseta. Esclarece que a sua acentuada influência no crescimento vegetal é devida ao seu papel ao nível de auxina. A concentração da auxina (ácido indolacético) nos tecidos deficientes de zinco cai antes mesmo do aparecimento de sintomas visíveis. Segundo SPILLER & TERRY (57) a deficiência de zinco mesmo em seu estágio inicial, retarda a divisão celular e o acúmulo de matéria seca nas folhas.

Skoog, 1940, citado por EPSTEIN (21) comenta que o zinco é exigido para manutenção da auxina em um estado ativo e não para a sua síntese. Porém Tsuí, 1948, também citado por EPSTEIN (21) conclui que o zinco é essencial

para a síntese do triptofano, um precursor da auxina. Já Takaki e Kushizaki , 1970, informam que o zinco desempenha um papel no caminho metabólico do triptofano à auxina via triptamina, conforme citação de EPSTEIN (21). Além da atuação na síntese do ácido indolacético MALAVOLTA (36) comenta a participação do zinco na ativação de várias outras enzimas tais como: anidrases carbônica, desidrogenase, aldolases e peptidases.

Estudos realizados na Rússia por GOODNEY & LIPSKAYA (28) demonstraram que o fornecimento de zinco e cobalto na proporção de 100 mg/m^2 de solo, reduziu o conteúdo de clorofila a, aumentando porém o de clorofila b por unidade de área e por cloroplasto. Também POROKANEVICH (51) trabalhando com planta aquática, verificou que o fornecimento de zinco aumentava o teor de clorofila b mais que o de clorofila a, decrescendo a relação clorofila a/b em comparação com o nível normal.

Segundo VALÊNCIA (60), a deficiência de zinco provoca acumulação de asparagina, ácido succínico, ácido málico e de ácido isocítrico que são produzidos e não consumidos, entretanto não ocorre alteração nos teores de açúcares.

LUCAS & KNEZEK (35) comentam que a presença de nematóides diminui o teor de zinco nas folhas de plantas atacadas e que a falta de aeração pode aumentar o teor de zinco nas raízes. Informam ainda que com baixas temperaturas pode haver diminuição na solubilidade e na disponibilidade do zinco, e que o aumento na duração do período de iluminação ou na intensidade luminosa provoca elevação nas necessidades de zinco da planta.

2.3. O zinco e o cafeeiro

2.3.1. Funções e sintomas de carência

Uma deficiência mineral afeta direta ou indiretamente o metabolismo normal do vegetal alterando o equilíbrio entre seus constituintes químicos. Geralmente as alterações desse balanço se encontram associados ao apareci

mento de sintomas que podem caracterizar uma deficiência mineral. Segundo HAAG et alii (29) os sintomas de deficiência mineral nas plantas podem ser definidos como alterações morfológicas resultantes de uma lesão bioquímica provocada pelo baixo nível de um ou mais nutriente nas células.

RAMAIAH et alii (52) estudando as alterações no cafeeiro pela ausência do zinco, relatam que os cafeeiros deficientes apresentaram uma acumulação da maioria dos aminoácidos, mesmo em folhas com pequena deficiência. A quantidade de proteína formada em folhas deficientes foi menor do que em folhas normais sendo que a composição em aminoácidos da proteína foi idêntica em ambas as folhas. Os resultados obtidos sugerem que o aumento a níveis tóxicos de alguns aminoácidos, antes do aparecimento de sintomas visuais nas plantas, podem explicar as anormalidades foliares que aparecem nas brotações subsequentes. A carência do zinco atrapalha o mecanismo de transformação de aminoácidos em proteína nos seus processos enzimáticos, limita o metabolismo do fosfato de hexose, acumula leucinas e hidroxiprolina e dificulta a passagem do triptofano em ácido indol-acético. Também VALÊNCIA et alii (62) mencionam uma acumulação de alguns aminoácidos nas folhas, antes do aparecimento de anormalidades provocadas pela deficiência de zinco em cafeeiros.

ANANTH et alii (4) estudando a deficiência de zinco em cafezais do sul da Índia, informam que a espécie Arábica é mais susceptível que a Robusta. Segundo eles a deficiência de zinco cessa a atividade meristemática na extremidade das raízes, causa a acumulação de material fenólico e tanínicos, retarda a formação do triptofano e inibe a multiplicação celular na região apical.

Os sintomas visuais da deficiência de zinco no cafeeiro foram descritos por vários autores, destacando os seguintes: FRANCO & MENDES (24) em 1954; PEREZ (50) em 1957; MULLER (44 e 45) em 1958 e 1959; LOUÉ (34) em 1960; MALAVOLTA et alii (37) em 1961; ANANTH & CHOKKANNA (3) em 1962; ANANTH et alii (4) em 1965; HAAG et alii (29) em 1969; CHEBABI & GONÇALVES (18) em 1970; CAMPOS (13) em 1972 e VALÊNCIA (61) em 1973, que em resumo são assim descritos no parágrafo seguinte.

A falta de zinco afeta diretamente o crescimento do cafeeiro, inibe o alongamento dos entre-nós, resultando uma planta raquítica e pequena , nos casos graves o crescimento anual não passa de poucos centímetros. Os sintomas aparecem primeiro nas partes em crescimento, as folhas se deformam apresentando-se encarquilhadas, lanceoladas e muito pequenas. O tamanho reduzido das folhas e o seu agrupamento dão um aspecto típico denominado "roseta". Estas folhas ficam coriáceas, quebradiças e pouco suculentas. O parênquima perde sua coloração, ficando as nervuras verdes formando uma rêde sobre um fundo amarelado, em alguns casos permanece uma área verde em forma de cunha ao longo da nervura central. Em geral, devido ao pequeno desenvolvimento do parênquima as nervuras ficam salientes sobre a lâmina foliar e as folhas um pouco deformadas e ásperas ao tato. Esta característica serve muito bem para distinguir a deficiência inicial de zinco da de ferro. Quando o cafeeiro continua crescendo com deficiência de zinco ocorre morte descendente dos ramos (die:back), formando um cinturamento na planta e a sua morte em casos extremos. Há influência também no vingamento floral, que é baixo, bem como no tamanho dos frutos que são pequenos e podem cair antes do amadurecimento. Segundo ANANTH et alii (4) as partes do cafeeiro mais expostas à iluminação apresentam os sintomas de deficiência , com mais intensidade que as sombreadas. Relatam ainda que a deficiência de zinco também pode ser induzida por produtos mercuriais.

MULLER (46) informa que parece não existir uma translocação lateral do zinco no cafeeiro. Assim, se a raiz de um lado da planta absorve suficiente zinco, os ramos deste lado do cafeeiro são praticamente os únicos que podem aproveitar deste zinco absorvido. Notou também efeitos semelhantes pulverizando ramos marcados com solução de zinco observando uma boa translocação do elemento até a gema terminal de modo que as folhas jovens nasceram normais, porém as ramificações mais baixas e vizinhas do ramo pulverizado não aproveitaram deste zinco aplicado.

2.3.2. Teores no cafeeiro - nível crítico

Segundo MULLER (44) valor crítico ou nível crítico na folha pa-

ra um determinado elemento é o teor abaixo do qual aparecem sintomas visíveis de deficiência. MALAVOLTA et alii (40) definem nível crítico de um elemento como um valor abaixo do qual a produção é limitada pela falta do mesmo e acima do qual não compensa economicamente usá-lo.

PARRA (48), LOTT et alii (32), CARVAJAL (14) e ADUAYI (1), trabalharam no sentido de verificar as diversas condições de amostragem que pudessem influir nos resultados analíticos, para que estes possam ser utilizados como um método seguro para diagnóstico não apenas de deficiências iniciais, mas também para a previsão de colheitas e de base para recomendações de adubações. Estudaram a influência da posição do ramo, a localização do par de folha, a época de coleta e a idade da lavoura. Afirmaram ser necessário um maior número de trabalhos básicos para se conseguir um sistema de aplicação prática.

CHAVERRI et alii (17) estudaram as variações da composição foliar com relação a idade e a posição do ramo. A composição mostrou uma variação menor dos elementos, para o 4º e o 8º par de folhas, indicam por isto o 4º par como o melhor para ser coletado. Estudando também as variações de acordo com a época do ano, verificaram que estas apresentaram a mesma tendência para cafezais de boa ou de má produção. MALAVOLTA et alii (39) tomaram amostras de folhas para análise em um cafezal de um ensaio fatorial de N, P, K, Ca, Mg e S. Os níveis de N, K, Ca, Mg e S foram estatisticamente iguais do 1º ao 4º par de folhas. Neste trabalho os autores citam Lott et alii, 1950 e Loué, 1958 indicando o 3º par de folhas como ideal para coleta e, Espinosa, 1960, Malavolta e Gomes, 1960; Carvajal, 1963 e, Huerta, 1963 que preferem utilizar o 4º par de folhas para análises.

CATANI et alii (15) apresentam os resultados obtidos sobre a concentração e quantidade de B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Al e Zn, em ramos, galhos, tronco, folhas e frutos de café da variedade"Mundo Novo" aos 10 anos de idade (quadro 1), onde demonstram que as folhas são os órgãos mais ricos em zinco.

QUADRO 1. Quantidade de zinco extraída pelo cafeeiro da variedade "Mundo Novo" aos 10 anos de idade.

Parte do cafeeiro	Zinco -mg-
Tronco	24
Ramos	50
Frutos	13
Folhas	70
Total	157

FONTE: Adaptado de CATANI et alii (15).

SARRUGE et alii (55) estudando os teores de micronutrientes na casca e em grãos de café das variedades "Mundo Novo", "Caturra" e "Bourbon", concluíram que não existe variação entre elas para os elementos estudados (B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn). MALAVOLTA et alii (38) também estudando estas variações nas mesmas variedades encontraram resultados concordantes com o autor anterior. Estudando a variação na concentração e na quantidade de macro e micronutrientes no fruto do café durante o seu desenvolvimento, CATANI et alii (16) observaram que o zinco e o manganês deixaram de ser incorporados pelos frutos nos últimos meses de frutificação, fato muito importante para determinação da época de fornecimento destes micronutrientes. A evolução da exigência de zinco está demonstrada no quadro 2.

MEDCALF et alii (41) relatam que em ensaios de campo, em São Paulo, plantas tratadas com vários quelatos metálicos adicionados ao solo apresentaram teores de zinco nas folhas entre 10 e 12 ppm sem demonstrarem sintomas visuais de deficiência. GALLO et alii (26) realizaram um levantamento de cafezais no Estado de São Paulo pela análise foliar onde amostraram 134 cafezais em diferentes grupos de solos encontrando o zinco como um elemento faltante. CATANI et alii (15) encontraram nas folhas de cafeeiros da variedade"Mundo

Novo", aos 10 anos de idade, teores entre 15 e 21 ppm. LOTT et alii (33) citam, que Loué em 1951, trabalhando com Coffea arábica na Costa do Marfim, encontrou nas condições de campo de 9 a 29 ppm nas folhas do cafeeiro.

QUADRO 2. Concentração de zinco no fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento.

Época de coleta das amostras	Teor de zinco na matéria seca do fruto -ppm-
Dez/1964	11
Fev/1965	5
Mar/1965	5
Abr/1965	5
Mai/1965	4
Jun/1965	3

FONTE: Adaptado de CATANI et alii (16).

Com relação ao nível crítico de zinco para o cafeeiro a maioria dos autores relata a necessidade de maiores estudos para uma determinação conclusiva, e os valores citados variam muito de autor para autor, conforme pode ser verificado no quadro 3. LOTT et alii (33), realizaram um levantamento do estado nutricional dos cafezais de São Paulo e Paraná, por meio da análise foliar e consideraram 8 ppm como um valor aproximado. CULOT et alii (20) estudando a nutrição da espécie arábica na África, encontraram teores de zinco variando de 15 a 50 ppm, a maioria entre 30 e 35 ppm e acreditam que teores de 15 a 20 ppm podem ser considerados baixos. MULLER (44) na Costa Rica comenta que valores entre 7 a 10 ppm podem diminuir a produção e causar morte prematura do cafeeiro. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11) considera o teor de 10 ppm na folha do cafeeiro como nível crítico aproximado para as condições bra-

sileiras. HAAG et alii (29) trabalhando com plantas em soluções nutritivas, consideraram como adequados teores entre 15 e 25 ppm. MALAVOLTA et alii (37) também trabalhando com soluções nutritivas encontraram 3 ppm nas folhas para soluções com baixo teor de zinco e 7 a 10 ppm para os com teores adequados.

PAULA (49) fazendo aplicações de soluções a 0,5%, 1,0% e 1,5% de sulfato de zinco, encontrou uma relação linear entre o nível de zinco aplicado e o teor na folha, não podendo recomendar níveis ótimos.

QUADRO 3. Níveis críticos de Zn em folhas de cafeeiros da espécie arábica, segundo diversos autores.

Local	Nível crítico -ppm-	Autor
África	> 20	CULOT et alii (20)
Costa Rica	> 10	MULLER (44)
S.P. e Paraná	8	LOTT et alii (33)
São Paulo	15-25*	HAAG et alii (29)
São Paulo	7-10*	MALAVOLTA et alii (37)
Brasil	10	MINISTÉRIO IND. COM. (11)

* Trabalho em solução nutritiva.

2.3.3. Fitotoxidez de zinco

Dentre os autores pesquisados não foi encontrada nenhuma referência com relação a níveis tóxicos de zinco para o cafeeiro. Apenas ANANTH et alii (4) informam que o fornecimento de 5,38 kg/ha de sulfato de zinco, aplicados no solo, não causaram fitotoxidez. Parecendo, segundo os autores, ser o cafeeiro tolerante a altos teores de zinco.

2.3.4. Adubação com zinco

O fornecimento de zinco ao cafeeiro tem sido feito por pulverizações foliares na maioria das vezes, e, em alguns casos através de aplicações no solo. ARZOLLA et alii (6) estudaram a forma mais adequada para a aplicação de zinco, verificando a absorção, a translocação e a sua acumulação na planta. Utilizaram radio zinco (Zn^{65}) em solução nutritiva e em vasos com terra em cafeeiros da variedade "Bourbon" com oito meses de idade. Fizeram o pincelamento nas folhas com solução de zinco nas faces inferior, superior e em ambas, e também a aplicação pelo solo em vasos com terra roxa estruturada e com arenito de Bauru. Verificaram que a absorção foi mais intensa na face inferior das folhas, embora tenha havido boa absorção também na face superior, já a absorção radicular foi consideravelmente menos intensa. Concluíram que houve transporte de zinco pelo floema e que a correção da deficiência pelas folhas é mais eficiente do que pelo solo.

BLANCO et alii (9) verificando a absorção de zinco pelas folhas do cafeeiro da variedade "Mundo Novo", com soluções não radioativas de sulfato de zinco (22% Zn) a 0,02%, concluiram que a absorção é crescente nas primeiras 24 horas com tendência a estabilizar nas 24 horas seguintes.

Com relação a doses de zinco aplicadas ao cafeeiro ANANTH et alii (4), compararam aplicações via foliar de sulfato de zinco a 0,25% de concentração com quelato de zinco a 0,6% e aplicação pelo solo de 5,38 kg/ha de sulfato de zinco. Observaram que a aplicação de sulfato de zinco via foliar foi a mais eficiente e que a aplicação no solo é antieconômica.

MULLER (46) considerou a pulverização foliar como a melhor maneira de fornecer zinco ao cafeeiro, indica aplicação de solução de 0,2 a 1% de sulfato de zinco em 2 a 4 pulverizações por ano. CHEBABI & GONÇALVES (18) recomendam para a correção da deficiência de zinco duas pulverizações durante o período de crescimento do cafeeiro com soluções com 0,6% de sulfato de zinco, ou aplicações de 20 g de sulfato de zinco, por cova, no solo desde o plantio. CAMPOS (13) indica a aplicação do NU-Z (oxissulfato de zinco - 50% de Zn) na concentração de 0,4%, via foliar, para correção da deficiência.

ANANTH & RAO (5) comparando aplicações foliares de NU-Z a 0,2% (50% Zn) com sulfato de zinco 0,25% (22% Zn), verificaram que realizando três aplicações com intervalos de um mês o NU-Z foi mais eficiente para correção da deficiência. Porém quando utilizou o mesmo nível de zinco em ambos os produtos o sulfato de zinco foi melhor. Observaram também que o cloreto de zinco e o nitrato de zinco não foram tão efetivos.

FRANCO & MENDES (24), fazendo aplicações foliares com uma solução a 0,6% de sulfato de zinco corrigiram os sintomas de deficiência de cafeeiros plantados em terra roxa no Estado de São Paulo. ANANTH & CHOKKANNA (3) obtiveram resposta satisfatória com aplicações foliares de sulfato de zinco a 0,25% de concentração para correção da deficiência. MONTERO et alii (42), realizaram pulverizações de sulfato de zinco gastando 15 litros por hectare de solução de 2 a 4% de concentração, por aplicação aérea, em plantas deficientes de zinco aumentaram o teor de zinco nas folhas de 21-25 ppm a 35-39 ppm ao fim de 45 dias, em cafeeiros de 18 meses. Aconselham duas pulverizações aéreas por ano com solução a 4% para correção da deficiência.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aspectos gerais

Este estudo foi realizado no período 1974-1976 na Fazenda Santa Cruz, de propriedade do Sr. João Custódio da Veiga, situada no município de Nepomuceno, na zona sul do Estado de Minas Gerais, a 880 metros de altitude.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwb, possuindo verões brandos com estação chuvosa e temperatura média mensal inferior a 18°C e a 22°C, no mês mais frio e no mês mais quente, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.400 mm sendo que mais de 80% ocorre de outubro a março, conforme MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (10) e VILELA & RAMALHO (64). Os dados climáticos da estação climatológica mais próxima do local do experimento, estão nos apêndices 1 e 2 e referem-se a Lavras, MG (23 km).

A lavoura foi plantada em janeiro de 1970, no espaçamento de 4,00 x 2,50 m, com 2 (duas) mudas por cova. A cultivar utilizada foi Bourbon Vermelho. Na época do início dos tratamentos (outubro de 1973) contava com 3 anos e 9 meses de campo.

Quando foi instalado o experimento, a lavoura apresentava visíveis sintomas de deficiência de zinco e de boro, os resultados da análise foliar (quadro 4) apresentaram 10,2 ppm para zinco e 16,4 ppm para boro.

3.2. O solo

O solo da área experimental foi descrito e classificado por

ANDRADE[1] como "Latossolo Vermelho Escuro distrófico álico textura muito argilosa relêvo ondulado", fase cerrado, segundo BENNEMA & CAMARGO (8) (Apêndice 3).

Foram tomadas 10 sub-amostras de solo na camada de 0-20 cm da área experimental (0,63 ha) para obtenção de 1 (uma) amostra composta, a qual foi analisada e apresentou os dados demonstrados no quadro 5. Os níveis de fertilidade do solo foram comparados aos estabelecidos segundo COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (19).

QUADRO 4. Resultados da análise foliar, em amostras coletadas antes da instalação do experimento. Agosto 1973.

Nutrientes						
N	P	K	Cu	Zn	Mn	B
%			ppm			
3,6	0,16	2,56	2,40	10,5	26,0	16,4

1 - ANDRADE, H. - 1979. Informação pessoal

QUADRO 5. Resultados da análise de solo (camada 0-20 cm) da área experimental.

Al^{+++}	$Ca^{++}+Mg^{++}$	CTC efetiva	P	K	pH H_2O	M.O.	C	Sat. bases	Sat. Al^{+++}	Ar-gila	Limo	Areia
emg/100g			ppm			%						
0,7M	0,5B	1,29B	1B	37M	4,5Ace	2,51M	1,46	45,9M	54,1MA	60,0	5,4	34,6

Obs.: M - médio
B - baixo
Ace - Acidez elevada
MA - muito alto

As análises de Al^{+++} e de Ca^{++} + Mg^{++} foram realizadas usando o extrator KCl 1,0N na relação 1:10, sendo que o alumínio trocável foi titulado com NaOH 0,025N e o cálcio + magnésio complexado com EDTA 0,025N. O fósforo e o potássio foram extraídos com o extrator de Mellich (HCl - 0,05N + H_2SO_4 - 0,025N) na relação 1:10 e determinados respectivamente por colorimetria e fotometria de chama. O pH em água foi determinado por potenciometria usando relação 1:25, solo:água, e, a matéria orgânica por digestão via úmida. A metodologia adotada para estas caracterizações segue a descrição feita por VETTORI (63).

O teor de zinco no solo foi determinado, em 1979, pela extração com H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N (extrator de Mellich), relação 1:10 e a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica, conforme LOPES (31). Foram analisadas amostras de três profundidades, cujos resultados estão no quadro 6.

QUADRO 6. Resultados da análise de zinco no solo em três profundidades. 1979.

Profundidade -cm-	Teor de zinco -ppm-
0-15	1,7
15-30	1,6
30-45	1,3

3.3. Adubações e controle fitossanitário

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio, aplicadas durante a realização do experimento foram as seguintes:

Nutriente	dose g/cova do nutriente/ano		
	73/74	74/75	75/76
Nitrogênio	90	120	150
Fósforo	40	40	40
Potássio	90	120	150

Os adubos utilizados foram o sulfato de amônio, o super fosfato simples e o cloreto de potássio. As doses fornecidas, com excessão do fósforo, foram parceladas 4 (quatro) vezes de setembro a março. No primeiro ano de estudo aplicou-se também 20 gramas de bórax por cova no solo. Além da adubação no solo, o experimento recebeu 2 (duas) pulverizações foliares por ano, com 1,0 kg de diamônio de fosfato (56% P_2O_5 e 18% N), 1,0 kg de sulfato de magnésio (17% de MgO) e 400 gramas de ácido bórico (17,5% de B) por hectare, gastando-se 150 litros de solução com concentração salina de 1,6% por hectare.

No controle fitossanitário, para prevenir o ataque da ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk et Br) fez-se 3 (três) aplicações anuais de oxicloreto de cobre (50% de cobre metálico) nos meses de outubro, janeiro e março, onde além do efeito fungicida estas aplicações forneciam cobre como nutriente ao cafeeiro. Ocasionalmente, quando havia infestação, eram feitas aplicações com Bidrin 50-E (dicrotophos), a 0,5 litros de p.a./ha e de Thiodan (endossulfan), a 0,7 litros de p.a./ha, para controlar respectivamente o Bicho Mineiro (Perileucoptera coffeella - Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera-Lyonetidae) e a Broca do Café (Hypothenemus hampei - Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scolytidae).

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com 11 tratamentos e 2 repetições. Cada parcela era constituída de 10 covas em li-

nha, sendo que apenas as 6 centrais foram consideradas úteis. Utilizou-se uma fileira de plantas entre as parcelas como bordadura.

3.5. Tratamentos

Os tratamentos constaram da aplicação de doses crescentes de sulfato de zinco ($ZnSO_4$ $7H_2O$ - 22% Zn). As pulverizações foram feitas com pulverizador costal manual, aplicando-se 150 ml de solução por planta.

Os tratamentos, doses de $ZnSO_4$ $7H_2O$/cova/ano e os parcelamentos usados nas aplicações foram os seguintes:

Dose 0,0g - testemunha sem aplicação

Dose 1,0g - uma aplicação em outubro

Dose 2,0g - uma aplicação em outubro

Dose 4,0g - 2,0g em outubro e 2,0g em dezembro

Dose 6,0g - 3,0g em outubro e 3,0g em dezembro

Dose 8,0g - 4,0g em outubro e 4,0g em dezembro

Dose 10,0g - 3,0g em outubro, 3,0g em dezembro e 4,0g em janeiro

Dose 12,0g - 4,0g em outubro, 4,0g em dezembro e 4,0g em janeiro

Dose 14,0g - 3,0g em outubro, 4,0g em dezembro, 4,0g em janeiro e 3,0g em fevereiro

Dose 16,0g - 4,0g em outubro, 4,0g em dezembro, 4,0g em janeiro e 4,0g em fevereiro

Dose 18,0g - 4,0g em outubro, 4,0g em dezembro, 4,0g em janeiro, 3,0g em fevereiro e 3,0g em março.

As aplicações iniciaram em outubro de 1973 e foram repetidas nos anos agrícolas 1974/75 e 1975/76, sempre no mesmo período.

Com os parcelamentos utilizados a concentração mais baixa de sulfato de zinco foi de 0,67% (1 g/150cc) e a mais elevada 2,67% (4g/150cc). Em todas as aplicações utilizou-se espalhante adesivo concentrado na dose de 5 cc/100 litros de água.

3.6. Dados coletados

Os dados utilizados para as análises estatísticas foram as produções obtidas nos anos de 1974, 1975 e 1976, e também os resultados das análises foliares para zinco em agosto de 1974, 1975 e 1976.

Como os dados da análise foliar serão utilizados para indicar um possível nível crítico, baseado no qual, deverá ser recomendada a aplicação de zinco. A época para a amostragem deve ser tal que permita a coleta das folhas, envio ao laboratório e obtenção dos resultados a tempo de executar as pulverizações necessárias para prevenir a deficiência. Por isto optou-se pelo mês de agosto. Além deste fato já comentado, a amostragem em agosto permite uma avaliação do estado da cultura após o tratamento completo de um ano agrícola e da sua colheita.

3.6.1. Produções

As produções dos anos de 1974, 1975 e 1976 foram colhidas quando 80% da produção se encontrava na fase de café cereja. A colheita foi realizada no pano, em seguida os frutos foram secos uniformemente em terreiro de cimento, e após atingirem o ponto de seca foram beneficiados e pesados. Nas análises estatísticas utilizou-se os dados obtidos através da pesagem do café beneficiado.

3.6.2. Análises foliares

As análises foliares foram realizadas em material colhido em agosto de 1973, 1974, 1975 e 1976. A coleta inicial em 1973 ocorreu antes da aplicação de qualquer tratamento à lavoura. As posteriores foram coletadas após cada ano agrícola, no qual a lavoura recebia o tratamento e depois da colheita.

Em cada planta retirava-se o 3º (terceiro) par de folhas a partir da extremidade dos ramos medianos, produtivos e situados nos 4 (quatro)

pontos cardeais das plantas úteis segundo a técnica indicada por LOTT et alii (32). Deste modo foram coletadas 8 (oito) folhas por planta, 48 (quarenta e oito) folhas por parcela.

O material colhido era enviado imediatamente ao laboratório de análise foliar do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura de Lavras, para a determinação do teor de zinco, segundo a técnica descrita por SARRUGE (54) para o processo de absorção atômica.

3.7. Análises estatísticas

Os dados de produção, em quilos de café beneficiado por hectare, e o teor de zinco nas folhas em ppm dos três anos foram analisados estatisticamente usando-se o modelo de parcela subdivididas no tempo, de acordo com STEEL & TORRIE (58). Aplicou-se a análise de regressão aos dados obtidos de ppm de zinco nas folhas e quilos de café beneficiado por hectare.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos dos tratamentos na produção

A análise de variância mostra resultados significativos para tratamentos e para anos (Quadro 7). As diferenças entre anos é devida a própria característica do ciclo produtivo do cafeeiro que é bienal, segundo MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11). Já as diferenças entre tratamentos demonstra a influência do sulfato de zinco na produção do cafeeiro.

Aplicando-se a análise de regressão nos dados de produção obteve-se uma função do 4º grau, onde a produção foi crescente no intervalo entre 1,0 g e 4,3 g, neste ponto encontrou-se a produção máxima. A partir desta dose (4,3 g) a produção decaiu até a dose de 12,0 g, tendendo então a se estabilizar (Figura 1). Este comportamento demonstra, que com os tratamentos aplicados a concentração de zinco na planta foi de um nível insuficiente a um excessivo, passando pelo nível ideal.

As médias das produções nos três anos (Quadro 8), demonstram, que os tratamentos 6,0 g e 4,0 g produziram o correspondente a 25,0 e 23,8 sacas de 60,0 kg de café beneficiado por hectare, ou seja, 2,5 vezes mais que a média regional de 9,0 sacas citadas por MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11), comprovando uma boa produção no ensaio. Analisando o aumento percentual da produção (média dos 3 anos) das parcelas tratadas em relação a testemunha, observou-se que a aplicação de 6,0 g de sulfato de zinco/cova/ano incrementou a produção em 82%, o que significa 11,2 sacas de café beneficiado a mais por hectare sendo este o maior aumento de produção verificado (Figura 2). Quando a

dose de sulfato de zinco foi aumentada de 6,0 g para 8,0 g/cova/ano. O acréscimo na produção caiu de 82% para 39%. Nota-se que nas aplicações acima de 6,0 gramas as plantas tiveram menor aumento de produção, sendo que na dose mais elevada (18,0 g) produziram o mesmo que na dose inicial (1,0 g), conforme mostra a figura 2.

Houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, entre as diversas doses (Quadro 8), destacando-se como melhor a dose de 6,0 g que foi estatisticamente igual a dose 4,0 g, mas diferiu de todas as demais. A dose de 4,0 g não diferiu das doses de 2,0 g; 8,0g e 12,0 g e estas não diferiram da testemunha.

QUADRO 7. Análise de variância dos dados de produção transformados em kg/ha de café beneficiado, médias de 1974 a 1976.

CV	GL	SQ	QM	F
Blocos (B)	1	66.743,1120	66.743,1120	3,18 n.s.
Tratamentos (T)	(10)	(2.285.364,4760)	288.536,4476	10,88 **
R.L.	1	2.191,3750	2.191,3750	0,62 n.s.
R.Q.	1	112.522,0000	112.522,0000	5,35 *
R.C.	1	963.498,0000	963.498,0000	45,87 **
R. 4ºG	1	216.828,0000	216.828,0000	10,32 **
Resíduo de regressão	6	990.325,1010	165.054,1800	7,86 **
Resíduo (a)	10	210.020,1610	21.002,1061	-
Parcela	21	2.562.127,7495	-	-
Anos (A)	2	5.179.045,0469	2.589.522,5235	110,87 **
A x T	20	873.849,9693	43.692,4832	1,87 n.s.
A x B	2	10.889,9693	5.444,9847	0,23 n.s.
Resíduo (b)	20	467.132,5789	23.356,6289	-
Total	65	9.093.045,0094	-	-

CV parcelas = 12,96%
CV sub-parcelas = 13,68%
** Teste F, significativo ao nível de 1% de probabilidade
* Teste F, significativo ao nível de 5% de probabilidade
n.s. - não significativo

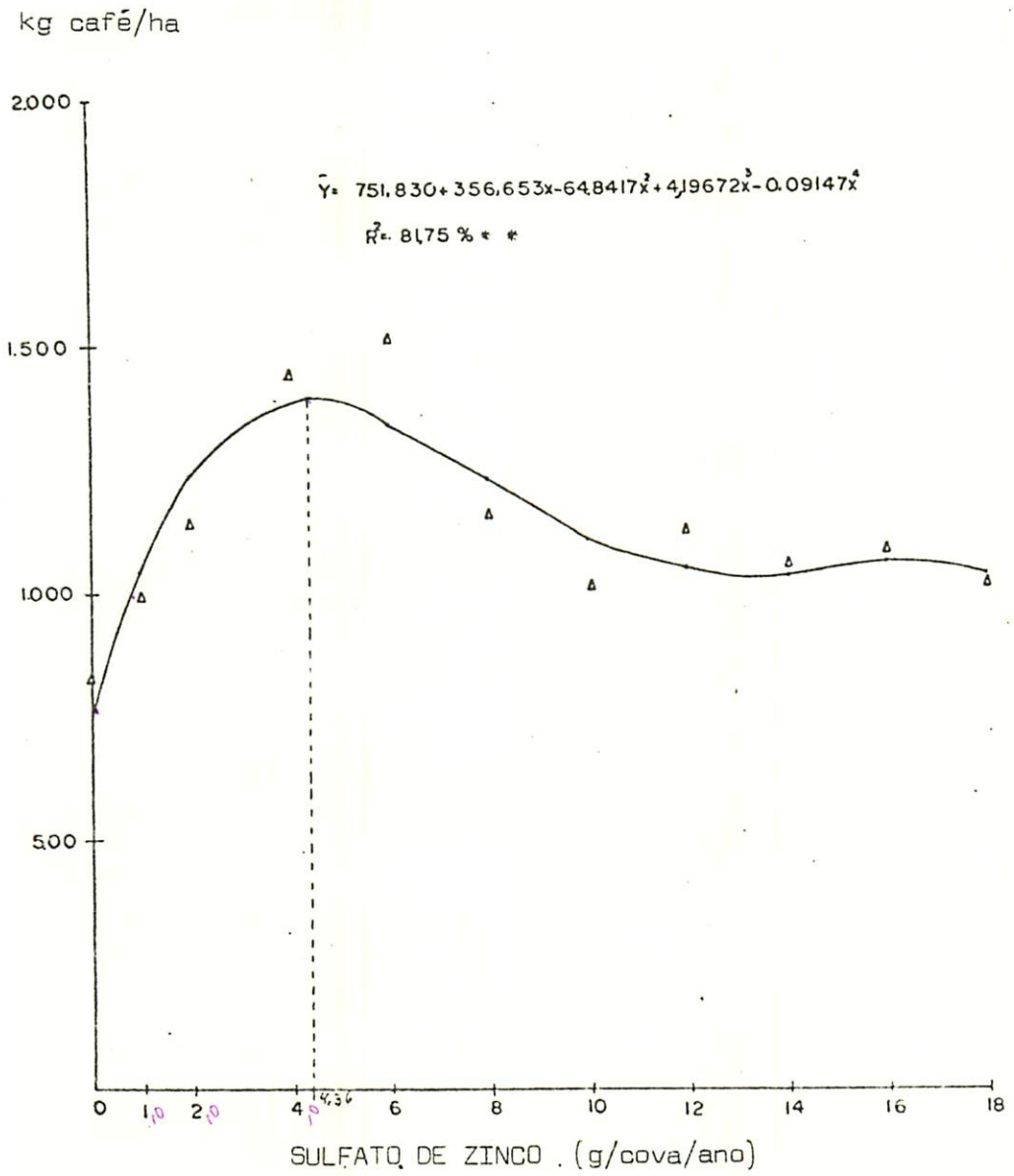


Fig. 1. Equação de regressão dos dados de produção. (Média dos três anos).

QUADRO 8. Produção em kg/ha de café beneficiado, obtidos em 1974, 1975 e 1976 (média de duas repetições).

Tratamentos g/cova/ano	Produção kg/ha			
	1974	1975	1976	Média
testemunha	735,37	1.276,50	456,97	822,95 c
1,0g	651,00	1.368,00	952,30	990,43 c
2,0g	1.090,80	1.527,75	798,15	1.138,90 bc
4,0g	1.186,90	1.834,80	1.270,15	1.430,64 ab
*6,0g	1.382,60	1.930,50	1.198,61	1.503,90 a
8,0g	845,62	1.715,70	870,21	1.146,84 bc
10,0g	801,00	1.468,80	744,61	1.004,80 c
12,0g	909,00	1.515,00	934,48	1.119,49 bc
14,0g	833,00	1.248,00	1.059,48	1.046,82 c
16,0g	671,40	1.363,50	1.146,38	1.060,42 c
18,0g	715,50	1.387,80	974,96	1.026,08 c
Média	892,92 b	1.512,39 a	946,02 b	1.117,11

DMS 5% - entre tratamentos = 338,4
DMS 5% - entre anos = 252,3

As médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

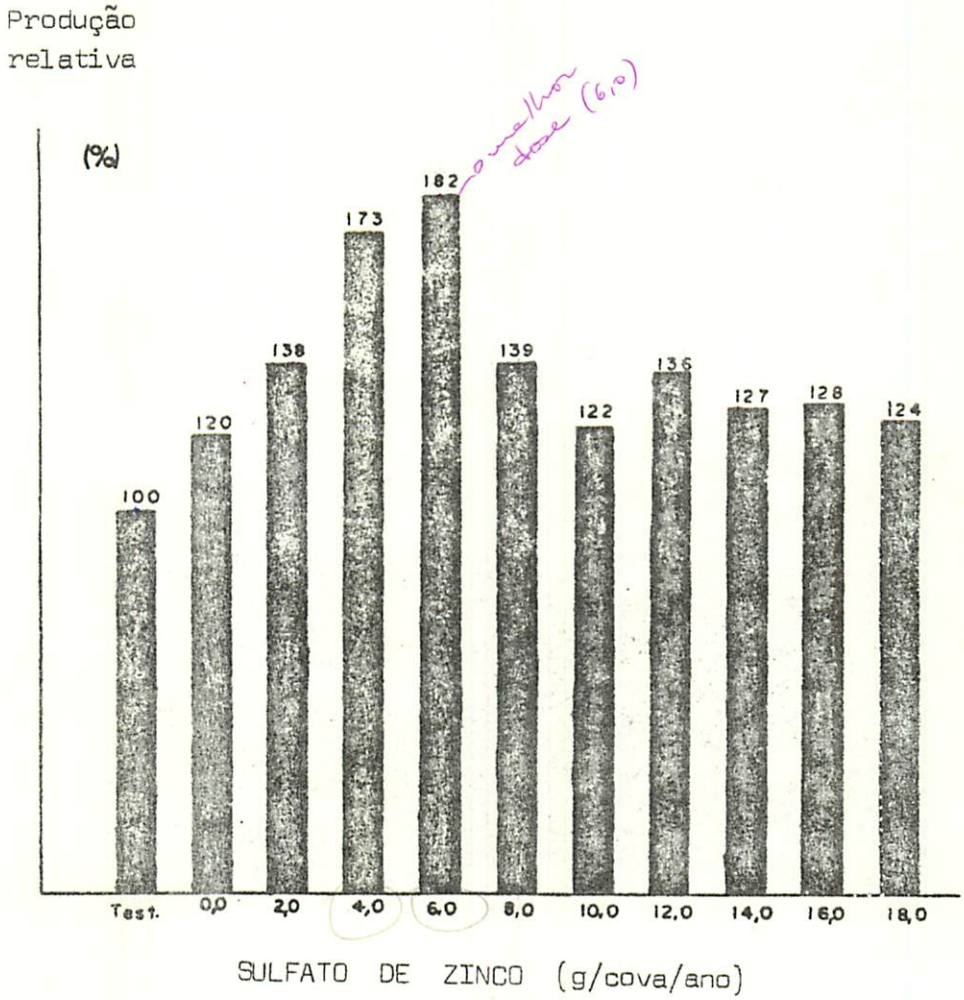


Fig. 2. Variação do percentual do aumento da produção em relação à testemunha.

4.2. Efeitos dos tratamentos no teor de zinco das folhas

A análise de variância mostra resultados significativos para tratamentos, para anos e para a interação anos x tratamentos (Quadro 9). As diferenças entre os tratamentos são explicadas pelo efeito das doses e pela boa absorção de zinco pelas folhas do cafeeiro, conforme demonstra ARZOLA et alii (6). As diferenças encontradas entre anos podem ser atribuídas ao efeito acumulativo dos tratamentos de um ano para outro, e/ou pela variação da exigência de zinco pelos frutos por produções diferenciadas entre anos, exigindo uma maior ou menor demanda do zinco das folhas. As respostas de Zn nas folhas em relação as doses aplicadas, nos anos 1974 e 1976 foram semelhantes (ver apêndice 11), porém diferiram dos teores observados em 1975. Esta diferença pode ser explicada pelo efeito acumulativo das aplicações em 1974 e 1975, e que foi intensificado pela baixa produção de 1974 com consequente menor demanda de Zn nas folhas.

As respostas em 1974, 1975 e 1976 foram lineares com R^2 de 86,59%, 82,28% e 73,36%, respectivamente. A figura 3 apresenta a equação de regressão para as médias de Zn na folha dos três anos de observações, o que concorda com PAULA (49).

No início do experimento, antes de qualquer aplicação o teor de zinco nas parcelas variavam de 9,4 ppm a 11,8 ppm. Observando as médias dos teores de zinco nas folhas durante os três anos de observações, o maior teor encontrado foi com a aplicação da maior dose, ou seja, 18,0 g de sulfato de zinco/cova/ano correspondendo a 41,0 ppm, e o menor teor foi de 11,1 ppm encontrado na testemunha (Quadro 10).

Conforme mostra a figura 4 todos os tratamentos, inclusive a testemunha, apresentaram níveis de zinco acima dos níveis críticos sugeridos por LOTT et alii (33) de 8,0 ppm e por MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11) de 10,0 ppm. Os tratamentos que receberam aplicações a partir de 12,0 g de sulfato de zinco/cova/ano tiveram o seu teor de zinco nas folhas elevadas acima do nível crítico de 30,0 ppm sugerido por CULOT et alii (20). Observou-se também que os tratamentos testemunha, 1,0 g e 2,0 g de sulfato de zinco/cova /

/ano com teores de zinco nas folhas respectivamente de 11,1 ppm, 11,4 ppm e 12,4 ppm, ou seja, acima dos níveis críticos sugeridos de 8,0 ppm e 10,0 ppm, apresentaram sintomas de deficiência de zinco visíveis.

No tratamento com 18,0 g de sulfato de zinco/cova/ano, onde a produção foi estatisticamente igual ao tratamento com 1,0 g, e o teor de zinco nas folhas atingiu a 41,0 ppm, notou-se um amarelecimento generalizado das folhas mais novas que ficaram coriáceas e quebradiças, ocorrendo também o aparecimento exagerado de folíolos nas gemas, parecendo ter sido induzida uma diferenciação das gemas florais. Isto poderia ser a manifestação de um efeito fitotóxico do tratamento, pois além destes sintomas ocorreu queda sensível na produção (Quadro 8).

Aplicando-se o teste de Tukey nas médias dos teores de zinco nas folhas, nos três anos, notou-se diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os diversos tratamentos ensaiados (Quadro 10), sendo que os tratamentos que induziram maior absorção foram os com doses mais elevadas.

QUADRO 9. Análise de variância dos teores de zinco nas folhas em ppm. Médias de 1974 a 1976.

CV	GL	SQ	QM	F
Blocos (B)	1	5,5564	5,5564	0,44 n.s.
Tratamentos (T)	(10)	(8.390,9930)	839,0993	66,77 **
R.L.	1	7.418,4983	7.418,4983	590,32 **
R.Q.	1	5,6196	5,6196	0,44 n.s.
R.C.	1	233,1882	233,1882	18,55 **
R. 4ºG	1	0,8028	0,8028	0,06 n.s.
Resíduo de regressão	6	733,6869	122,2812	9,73 **
Resíduo (a)	10	125,6671	12,5667	-
Parcela	21	8.522,2165	405,8198	-
Anos (A)	2	6.686,8965	3.343,4482	654,88 **
A x T	20	5.790,2868	289,5143	56,70 **
A x B	2	8,8841	4,4420	0,87 n.s.
Resíduo (b)	20	102,1070	5,1054	-
Total	65	21.110,3910	-	-

CV parcela = 15,14%
CV subparcela = 9,68%
** Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade
n.s. - não significativo

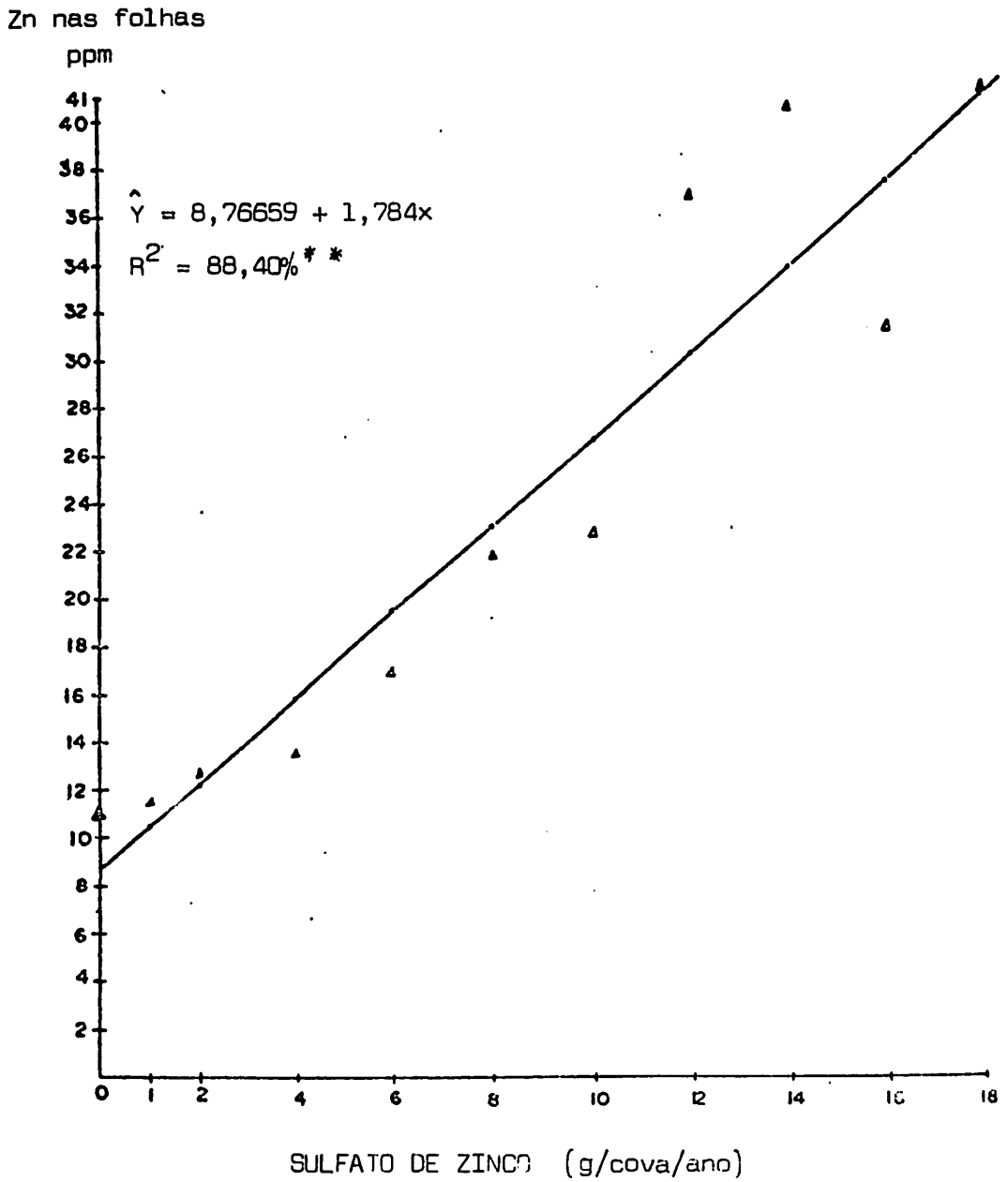


Fig. 3. Equação de regressão dos dados de teor de zinco nas folhas (média dos três anos).

QUADRO 10. Teor de zinco nas folhas em ppm, obtidos em agosto de 1974, 1975 e 1976 (média de duas repetições).

Tratamentos g/cova/ano	ppm nas folhas			
	1974	1975	1976	Média
testemunha	11,0	13,6	8,7	11,1 e
1,0g	14,8	11,5	7,8	11,4 e
2,0g	11,1	16,1	9,8	12,4 e
4,0g	14,8	15,0	10,5	13,4 de
6,0g	19,4	21,9	9,2	16,8 cde
8,0g	24,6	30,1	10,4	21,7 cd
10,0g	22,2	33,5	11,8	22,5 c
12,0g	25,8	70,8	13,6	36,7 ab
14,0g	26,3	70,3	24,4	40,3 b
16,0g	26,9	48,4	18,1	31,1 a
18,0g	25,5	77,2	20,3	41,0 a
Média	20,2 b	37,1 a	13,1 c	23,4

DMS 5% entre tratamentos = 8,28
DMS 5% entre anos = 3,73

As médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

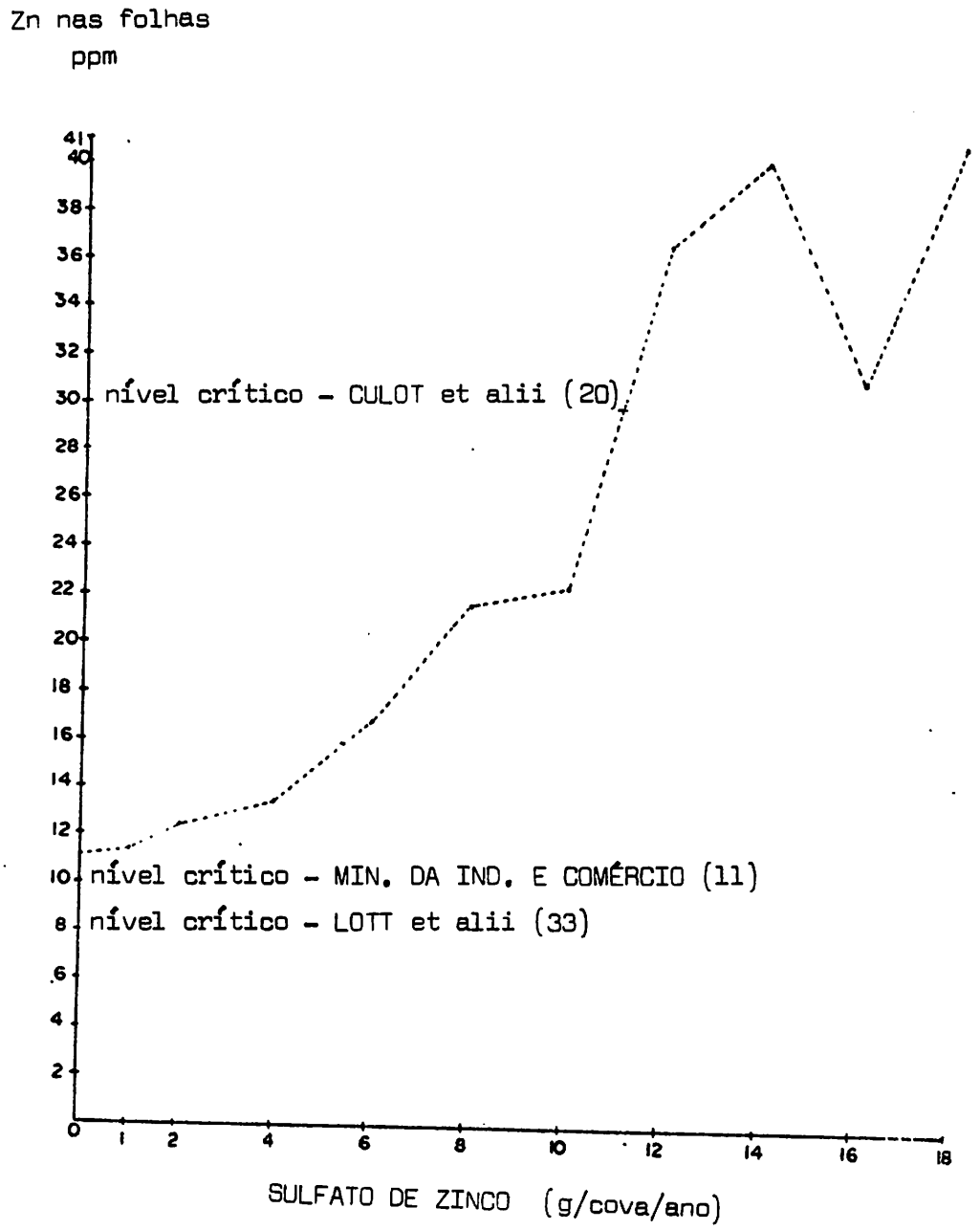


Fig. 4. Média dos teores de zinco nas folhas comparadas com os níveis críticos propostos (ppm).

4.3. Relações entre tratamentos, produção e teor de zinco nas folhas. Nível crítico.

Analisando a figura 5 verifica-se que as doses de 1,0 g e 2,0 g de sulfato de zinco/cova/ano apresentaram níveis de zinco nas folhas de 10,5 ppm e 12,3 ppm respectivamente e baixas produções. As doses de 6,0 g e 4,0 g de sulfato de zinco/cova/ano apresentaram as maiores produções com teores de zinco nas folhas respectivamente de 19,4 ppm e 15,9 ppm. Já as doses aplicadas a partir de 8,0 g de sulfato de zinco/cova/ano até a de 18,0 g causaram um decréscimo na produção e elevaram o nível de zinco nas folhas.

Considerando a definição de MULLER (44) para valor crítico ou nível crítico de um elemento na folha como "nível crítico para um determinado elemento é o teor abaixo do qual aparecem sintomas visíveis de deficiência", podemos aceitar para as condições do estudo o valor de 12,3 ppm como nível crítico, pois nas plantas com teores abaixo deste era visível os sintomas de deficiência de zinco.

Porém, considerando a definição de MALAVOLTA et alii (40) de que nível crítico "é o nível abaixo do qual a produção é limitada pela falta do elemento e acima do qual não compensa economicamente usá-lo, deve-se aceitar para as condições deste trabalho a faixa de 15,9 ppm a 19,4 ppm. Isto porque no nível imediatamente abaixo de 15,9 ppm e acima de 19,4 ppm a produção caiu em 35% e 43%, respectivamente (Figura 2).

Deste modo, aceitando a definição de MALAVOLTA et alii (40) e a faixa de 15,9 ppm a 19,4 ppm como nível crítico para as condições do estudo, verifica-se que este resultado discorda dos seguintes autores: CULOT et alii (20) que consideram baixos os teores entre 15,0 ppm e 20,0 ppm, LOTT et alii (33) que apresentam 8,0 ppm como valor aproximado para o nível crítico e de MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (11) que considera 10,0 ppm como nível crítico aproximado para as condições brasileiras.

Pelos dados observados, verifica-se que teores de zinco nas folhas acima de 23,0 ppm podem ser considerados excessivos, pois prejudicam a produção (Fig. 5), e que teores de 40,8 ppm apresentaram além de produções bai-

xas apresentaram sintomas visíveis de anormalidade fisiológica no cafeeiro.

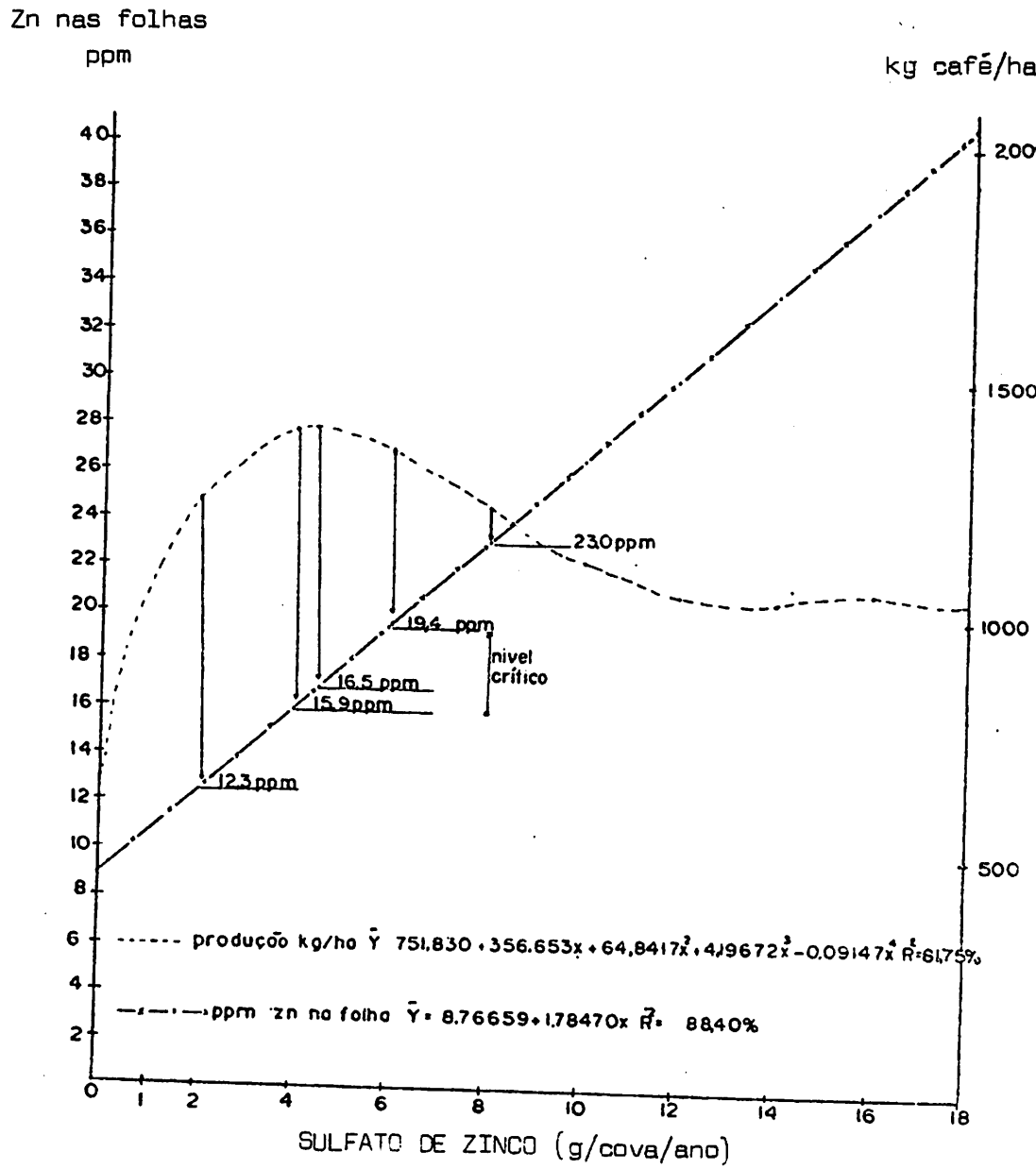


Fig. 5. Variação dos teores de zinco e das produções obtidas em função das doses de sulfato de zinco aplicadas.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram chegar as seguintes conclusões dentro das condições experimentais desse trabalho.

A) Dados de produção

1. As maiores produções foram obtidas com as doses de 6,0 g e 4,0 g de sulfato de zinco por cova/ano e corresponderam a um aumento de 82% e 73% da produção em relação a testemunha.

2. As plantas tratadas com 18,0 g de sulfato de zinco por cova/ /ano, além de baixa produção apresentaram sintomas visíveis de fitotoxidez.

B) Teor de zinco nas folhas

1. As aplicações de doses crescentes de sulfato de zinco, via foliar, resultaram em um aumento linear no teor de zinco das folhas.

2. A maior produção correspondeu a um teor de zinco na folha de 16,5 ppm.

3. O nível crítico de zinco nas folhas, esteve na faixa de 15,0 a 19,4 ppm.

6. RESUMO

Este trabalho de pesquisa foi conduzido no município de Nepomuceno, região cafeeira do sul do Estado de Minas Gerais, durante os anos de 1974 a 1976. Estudou-se a influência da aplicação de doses crescentes de sulfato de zinco, via foliar, na produção do cafeeiro (*Coffea arabica*, L. cultivar Bourbon Vermelho) em condições de campo, sobre um Latossolo Vermelho Escuro distrófico.

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com onze tratamentos e duas repetições, os dados obtidos sofreram análise conjunta segundo o esquema de parcelas subdivididas no tempo. As doses aplicadas de sulfato de zinco por cova/ano foram: 0,0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 14,0; 16,0 e 18,0 gramas. O sulfato de zinco utilizado foi o $ZnSO_4$ $7H_2O$ com 22% de zinco metálico. As pulverizações foram aplicadas no período de outubro a março, subdividindo os tratamentos a partir da dose de 4,0 gramas. Os dados utilizados na avaliação dos tratamentos foram as produções e os teores de zinco nas folhas, obtidos nos três anos de observações.

As doses que promoveram maiores aumentos na produção foram 6,0 e 4,0 gramas/cova/ano. A dose de 18,0 gramas/cova/ano apresentou além de baixa produção sintomas de fitotoxidez, correspondendo a um teor nas folhas de 40,8 ppm de zinco. O nível crítico de zinco esteve na faixa de 15,9 a 19,4 ppm.

7. SUMMARY

Effect of rates of zinc sulphate (foliar spray) on coffee yield.

This work was conducted in the coffee region of Nepomuceno, South of Minas Gerais State from 1974 to 1976. The effect of rates of zinc sulphate, foliar spray, was studied in relation the coffee production (Coffea arábica, L. cultivar Bourbon) under field condition in a Dystrophic Dark Red Latossol (Orthox).

The experimental design was completely randomized blocks, split-plot on time, with eleven treatments and two replics. The rates of $ZnSO_4$ $7H_2O$ (22% Zn) were: 0,0; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 14,0; 16,0 and 18,0 grams/two plants/year. Foliar spray were in october for the 1,0 and 2,0 rates and splitted in two, october and march, for other treatments. The effect of the treatments was analyzed based upon coffee yield and zinc content on the leaves, during three consecutive years.

Rates of 6,0 and 4,0 grams of zinc sulphate/ two plants / year showed the highest yield increase.

Rate of 18,0 grams of zinc sulphate/two plants/year, showed, beside low coffee yield, phytoxicity symptoms at 40,8 ppm Zn on the leaves.

The Zn critical level on the leaves was between 15,9 and 19,4 ppm.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADUAYI, E.A. Soil-plant nutrient relationships in tree crops with special reference to coffee, a review. Turrialba, Costa Rica, 20(4):463-70 , out/dez, 1970.

2. ANANTH, B.R, Role of micro-nutrientes in coffee. Indian Coffee, Bangalore, 35(11):473-6, nov. 1971.

3. _____. & CHOKKANNA, N.G. Zinc deficiency in arabica coffee. World Crops, Londres, 14(3):89-91, mai/jun, 1962.

4. _____, IYENGAR, B.R.V. & CHOKKANNA, N.G. Widespread zinc deficiency in coffee in India. Turrialba, Costa Rica, 15(2):81-7, abr/jun, 1965.

5. _____. & RAO, H.H. Field observations on the efficacy of foliar sprays of zinc salts for correcting zinc deficiency in arabica coffee. Indian Coffee, Bangalore, 34(1):15-17, jan., 1970.

6. ARZOLA, J.D.P.; HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro. VIII. Estudo da absorção e da translocação do radiozinco no cafeeiro (Coffea arábica L.). Anais da ESALQ, Piracicaba, 19: 35-52, 1962.

7. BAKER, R.M. The mineral nutrition of arabica coffee at Mbozi, Tanganyika, Tanganyika Coffee Research and Experimental Station, 1964. p.54 - 60 (Research Report).

8. BENNEMA, J. & CAMARGO, M.N. Esboço parcial da segunda aproximação de solos brasileiros, subsidio da 4ª reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro. D.P.F.S. 1964. 17 p.

9. BLANCO, H.G. et alii. Absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro (Coffea arábica, L.). I. Técnica para emprego de soluções não radioativas. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, 38(4):181-89, out/ /dez., 1971.

10 10. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Considerações sobre o meio ambiente . In: Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de furnas. Rio de Janeiro, 1962, p. 6-60. (Boletim , 13).

11 11. _____. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Cultura do café no Brasil; Manual de recomendações. Rio de Janeiro, I.B.C. 1974. 261 p.

12 12. _____. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Grupo de Erradicação e Racionalização da Cafeicultura. Levantamento da realidade cafeeira no sul de Minas Gerais. s, l., 1975. 27 p. (mimeografado).

13. CAMPOS, C.F. El zinc en el cafeto. Noticiero del Café, Costa Rica, 8 (93):1-2, mar., 1972.

14. CARVAJAL, J.F. La Toma de muestras foliares en cafeto para fines de diagnósticos. Café, Costa Rica, 5(17):25-33, 1963.

15. CATANI, R.A. et alii. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro. Coffea arábica L. variedade Mundo Novo aos dez anos de idade. Anais da ESALQ, Piracicaba, 24:97-106, 1967.

16. _____. et alii. Variação na concentração e na quantidade de macro-nutrientes no fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento. Anais da ESALQ, Piracicaba, 24:249-63, 1967.

17. CHAVERRI, R.G.; BORNEMISSA, E. & CHAVES, F. Resultados del analisis foliar del cafeto en Costa Rica. Costa Rica, Ministério de Agricultura e Industria, 1957. 39 p. (Información Tecnica, 3).

18. CHEBABI, R.A. & GONÇALVES, J.C. Deficiências minerais no cafeeiro. Campinas, CATI, 1970. 28 p. (Boletim Técnico SCR, 56).

19. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS; Lavras. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80 p.

20. CULOT, J.P.; WAMBEKE, A. van & CROEGAERT, J. Contribuition a l'etude des deficiences du cafier d'arabie au Kivu, Institute National pour l'Etude Agronomique du Congo Belga (I.N.E.A.C.), 1958. 105 p. (Série Scientifique, 73).

21. EPSTEIN, E. Metabolismo mineral. In: Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Editora da Universidade de São Paulo, 1975. p. 235-66.

22. ERNST, W. & WEINER, H. Localization of zinc in the leaves of silene cuculatus. Fertilizers Abstracts, Alabama, 5(7):1222, jul. 1972.

23. FASSBENDER, H.W. Química dinamica de los elementos nutritivos. In: Quimica de Suelos; con énfasis en suelos de America Latina. Turrialba , Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1975. p. 219-385.

24. FRANCO, C.M. & MENDES, H.C. Deficiência de zinco em cafeeiro. Boletim da Superintendência dos Serviços de Café, São Paulo, 29(334):34-9, dez., 1954.

25. GALLO, J.R. et alii. Levantamento do estado nutricional de cafezais de São Paulo, pela análise foliar, I. Solo Massapé - Salmourão. Bragantia, Campinas, 26(7):103-17, mar. 1967.

26. _____. Levantamento de cafezais do Estado de São Paulo pela análise química foliar. II. Solos podzolizados de Lins e Marília, latossolo roxo e podzolico vermelho amarelo-orto. Bragantia, Campinas, 29(22) : 237-47, jul., 1970.

27. GONZALEZ, C.A.; CAMARGO, C. & GUEVARA, P.L. Informe preliminar sobre el efecto del sulfato de zinc en la correción de ciertas formas de cresci-

mento anormal del cafeto. Costa Rica, Ministério de Agricultura e Industria, s.d. 8 p. (Boletim Técnico, 7).

28. GOODNEY, T.N. & LIPSKAYS, G.A. Acumulation of chlorophyll in the chloroplasts of sugar best under the influence of cobalt, molybdenium and zinc. Soil & Fertilizers, London, 29(3):, mar., 1961.

29. HAAG, H.P. et alii. Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro. XXVI. Efeitos de deficiências múltiplas no aspecto, crescimento e composição mineral. Anais da ESALQ, Piracicaba, 26:119-126, 1969.

30. JACINTHO, A.O.; CATANI, R.A. & PIZZINATO, A. Extração e determinação do teor solúvel de zinco no solo. Anais da ESALQ, Piracicaba, 28:275 -86, 1971.

31. LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soil under "cerrado" vegetation. Raleigh, N.C.S.U., 1975, 137 p. (Tese M.S.).

32. LOTT, W.L. et alii. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. São Paulo, I.B.E.C. Research Institute, 1956. 40 p. (Boletim, 9).

33. _____. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, I.B.E.C. Research Institute, 1961. 69 p. (Boletim, 25).

34. LOUÉ, A. Nouvelles observations sur les oligoelements dans la nutrition du cafier. Café, Cacao, Thé, Paris, 4(3):133-49, set/dez, 1960.

35. LUCAS, R.E. & KNEZEK, B.D. Climatic and soil conditions promoting micronutrients deficiencis in plants. In: MORTEVELDT, J.J. Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Science Socyete of America, 1972. p. 265-83.

36. MALAVOLTA, E. Os micronutrientes. In: Manual de Química Agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976, p.413-48.

37. _____; HAAG, H.P. & JOHNSON, C.M. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. VI. Efeitos das deficiências de micronutrientes em coffea

arábica L. var. Mundo Novo cultivado em solução nutritiva. Anais da ESALQ, Piracicaba, 18:147-167, 1961.

38. MALAVOLTA, E. et alii. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro . XI. Extração de macro e micro-nutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo", "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". Turrialba, Costa Rica, 13(3):188-9, jul/set., 1963.

39. _____ x _____. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XII. Efeito da adubação na composição mineral das folhas. Anais da ESALQ, Piracicaba, 21:73-78, 1964.

40. _____ x _____. Adubos e adubação. In: Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas, São Paulo, Pioneira, 1974, p. 124-48.

41. MEDCALF, J.C. et alii. Programa Experimental no Brasil, São Paulo, I.B. E.C. Research Institute, 1955. 68 p. (Boletim, 6).

42. MONTERO, M.V.M. et alii. Aerial spraying with zinc sulfate on coffee trees in the State of São Paulo, Brazil. Turrialba, Costa Rica, 18(2):189--90, abr/jun., 1968.

43. MOWRY, H. Minor elements deficiencies in coffee in Costa Rica. Foreing Agriculture, Washington, 17(5):93-6, fev. 1953.

44. MULLER, L.E. Observacion e control de deficiências de elementos menores en el cafeto. Turrialba, Costa Rica, 8(4):126-35, out/dez., 1958.

45. _____. Nutricion Mineral II. Deteccion y control de deficiências de elementos essenciales. pp. 97-109. En: Progressos en la técnica de la produccion de café. Materiales de Ensenanza de Café y Cacao, Turrialba, I.I.C.A., 205 p. 1959.

46. _____. Algumas deficiências minerales comunes en el cafeto (Coffea arábica, L.), Turrialba, Costa Rica, I.I.C.A. 1959, 41 p. (Boletim, 4).

47. OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTEVELDT, J. J. Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Science Socyete of America ,

1972. p. 243-64.

48. PARRA, H.J. El análises químico de las hojas de las plantas y su aplicacion en el cultivo del café. Revista Cafetera de Colombia, Bogotá, 13(131):122-28, 1957.

49. PAULA, M.B. de. Composição mineral foliar do café (Coffea arábica, L.) efeitos de pulverização com zinco e boro. Viçosa, U.F.V., 1975. 43 p. (Tese M.S.).

50. PEREZ, S.V.M. Algunas deficiências minerales del cafeto en Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1957. (Informe Tecnico, 27).

51. POROKANEVICH, N.V. Effect of zinc on the ratio between chlorophyll a and b in flax leaves. Soils & Fertilizers, London, 37(7):2009, jul. 1974.

52. RAMAIAH, P.K. et alii. Zinc deficiency and the amino acids of coffee leaves (Coffea arabica L.), Turrialba, Costa Rica, 14(3):136-9, jul/ /set., 1964.

53. REDDY, M.R. & PERKINS, H.F. Fixation of zinc by clay minerals. Soil Science Society of American Procedings, Madison, 38(20):229-37, Apr. 1974.

54. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas, Piracicaba, ESALQ, 1974. 56 p.

55. _____. et alii. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro XIX. Extração de micronutrientes na colheita pelas variedades "Mundo Novo", "Caturra Amarelo" e "Bourbon Amarelo". Anais da ESALQ, Piracicaba, 23:85-93, 1966.

56. SLATER, A.C. Mineralogia descritiva. In: SLATER, A.C. Minerais e Minérios, 3. ed. São Paulo, LEP, 1964. p. 61-123.

57. SPILLER, S. & TERRY, N. Effect of zinc deficience on the multiplication and expansion of sugar best beaf cells. Crop Science, Madison, 14 (2):293-295, mar/abr., 1974.

58. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Analysis of variance IV: SPLIT-PLOT designs and analysis. In: STEEL, R.G.B. Principles and procedures of estatistics, with special reference to the biological Sciences. New York, Mc Graw-Hill, 1960. Cap. 12, p. 232-76.

59. TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. El azufre y los microelementos en los suelos y en los fertilizantes. In: TISDALE, S.L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes, Barcelona, Montaner y Simon, 1970. Cap. 8, p. 310--82.

60. VALENCIA, A.G. Deficiências minerales en relacion con el metabolismo intermediário en el cafeto, Coffea arábica, L.. Cenicafé, Colombia, 19 (2):55-79, abr/jun., 1968.

61. _____. Deficiências minerales en el cafeto y la manera de corregirlas. Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1973. 16p. (Boletim Tecnico, 1).

62. _____; MESTRE, A.M. & DURANG, G.M. Respuesta a la aplicacion de boro e zinc en un cafetal de Fredonia (Antioquia). Cenicafé, Colombia, 19 (3):95-101, jul/set., 1968.

63. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Brasil, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969, 80 p. (Boletim técnico, 7).

64. VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais, Ciência e Prática, Lavras, 3 (1):71-79. jan/jun., 1979.

APÊNDICES

1. Precipitações (mm) médias de Lavras durante os diversos meses do ano no período de 1960 a 1977.

Anos	MESES												Total Anual	Nº de dias de chuvas
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
1960	455,5	165,8	264,0	31,5	64,3	38,7	0,0	2,7	26,1	97,9	182,7	369,8	1700,0	136
1961	347,5	336,4	118,3	67,8	39,2	0,0	1,8	2,3	0,3	47,4	107,4	178,3	1247,1	108
1962	349,9	421,3	122,0	47,3	41,1	9,8	0,0	7,7	113,0	245,6	202,7	483,8	2042,1	120
1963	141,2	151,5	26,8	47,2	10,9	0,0	0,0	9,6	0,1	133,5	97,5	129,4	747,1	73
1964	411,7	356,0	48,1	31,4	43,4	29,9	24,9	0,1	22,0	174,3	149,8	391,7	1683,3	139
1965	435,7	404,8	159,6	47,9	72,9	16,7	31,1	23,0	46,5	175,6	169,7	105,7	1689,3	135
1966	520,2	237,1	224,2	24,4	11,6	0,0	4,0	8,6	32,3	168,0	265,1	302,7	1799,3	121
1967	393,2	283,7	155,2	26,1	0,6	28,4	0,0	0,0	5,1	123,4	257,6	210,0	1433,3	128
1968	195,9	191,5	76,4	28,6	2,0	2,0	3,3	42,8	66,8	108,3	81,0	372,0	1170,6	97
1969	254,1	175,3	147,6	50,0	33,2	43,0	4,7	24,5	20,2	114,6	291,5	269,4	1428,1	109
1970	344,7	255,5	106,0	72,2	16,8	23,6	26,1	55,4	57,4	144,4	222,8	102,4	1427,3	134
1971	259,3	56,1	149,7	87,3	2,7	108,9	0,6	0,0	48,9	130,6	294,6	446,4	1585,1	105
1972	196,7	258,8	204,0	45,2	32,6	0,0	94,4	18,0	72,8	187,7	417,1	199,3	1726,6	135
1973	201,5	116,5	11,7	172,3	60,4	35,0	8,2	27,2	42,2	148,9	133,7	255,6	1313,2	123
1974	211,5	64,1	426,2	62,0	35,4	72,2	0,0	4,5	15,2	111,2	71,9	324,5	1398,7	120
1975	192,3	248,5	47,2	54,6	18,6	5,0	25,6	0,0	49,9	114,1	354,0	243,6	1353,4	106
1976	80,8	231,0	137,0	85,4	124,3	25,0	77,8	114,3	210,8	114,4	167,4	360,8	1729,0	133
1977	250,0	27,8	284,6	97,0	6,0	7,4	0,0	39,4	129,5	53,2	268,4	242,2	1405,5	114
Média	291,20	221,26	148,26	59,90	34,22	24,76	16,80	21,12	53,28	132,95	207,49	277,09	1493,28	418,67
Desvio Padrão	120,72	114,76	103,37	35,51	31,55	28,64	27,57	28,64	52,93	47,25	96,64	112,96	290,32	17,04
CV %	41,46	51,87	69,72	59,28	92,19	115,72	164,07	135,62	99,34	35,54	46,57	40,77	19,42	14,36

FONTE: VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. (64)

2. Temperaturas (°C) médias de Lavras nos diversos meses do ano no período de 1960 a 1977.

Anos	MESES												$\bar{X}$
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1960	21,9	21,9	21,6	20,3	17,7	16,4	16,8	19,2	21,7	21,1	21,5	20,1	20,1
1961	21,1	20,6	21,0	19,7	17,2	16,5	16,1	18,0	22,6	21,6	22,2	25,1	20,1
1962	21,4	20,9	21,2	19,4	16,2	13,7	14,8	17,1	18,8	18,3	20,3	20,6	18,5
1963	21,9	21,1	20,2	20,3	16,3	15,1	15,8	17,8	21,1	21,6	22,2	21,7	19,8
1964	20,6	21,0	20,3	20,2	16,4	15,5	14,1	17,5	19,2	19,1	19,2	19,9	18,6
1965	20,3	20,6	19,7	19,6	17,5	16,4	15,8	17,1	20,1	19,2	20,1	21,6	19,0
1966	21,5	21,5	18,6	19,0	17,0	16,0	16,4	17,7	19,0	20,7	19,7	21,8	19,1
1967	21,1	22,0	21,1	19,3	17,3	16,8	15,9	18,6	19,9	18,8	20,1	19,5	19,2
1968	21,3	19,7	21,5	18,0	14,9	14,9	15,0	16,0	18,4	19,8	21,9	21,4	18,6
1969	18,3	23,1	22,0	19,7	17,9	16,5	16,1	18,0	20,8	19,5	20,9	19,9	19,4
1970	21,4	21,3	21,5	19,3	18,3	17,4	16,1	16,7	18,5	19,9	19,6	22,7	19,4
1971	22,0	22,7	22,0	20,2	17,5	15,5	15,9	17,4	18,5	18,8	19,2	21,0	19,2
1972	21,5	21,0	21,5	18,0	16,9	16,3	15,8	17,6	18,7	20,7	21,2	21,3	19,2
1973	22,8	23,3	22,0	21,5	17,1	17,0	16,6	18,4	18,7	19,8	20,4	21,4	19,9
1974	21,8	22,8	21,4	19,5	17,2	15,2	15,2	17,5	20,4	20,4	21,0	20,5	19,4
1975	21,3	22,3	21,8	18,9	17,0	16,2	14,8	18,8	19,4	20,6	20,5	21,8	19,4
1976	22,5	20,9	21,3	20,3	17,0	16,9	15,4	17,6	18,0	19,5	20,8	20,6	19,2
1977	22,4	23,2	22,3	20,2	17,6	17,6	18,2	19,9	19,7	21,7	21,4	20,8	20,4
Média	21,39	21,66	21,16	19,63	17,08	16,10	15,82	17,83	19,64	20,05	20,68	21,20	19,36
Desvio Padrão	1,00	1,05	0,95	0,85	0,77	0,98	0,91	0,92	1,27	1,04	0,94	1,27	0,53
CV %	4,66	4,87	4,49	4,34	4,49	6,06	5,75	5,14	6,45	5,19	4,57	6,00	2,76

FONTE: VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. (64).

3. Descrição, situação e localização do perfil representativo do local do experimento.

Perfil nº 1 Data: 04/10/79

Classificação: Latossolo Vermelho Escuro Distrófico Álico textura muito argilosa relevo ondulado, fase cerrado.

Localização: Fazenda Santa Cruz - Nepomuceno, M.G.

Situação e declive: Trincheira situada na parte média de uma encosta, com declive de 12%.

Altitude: 880 metros

Relevo: Ondulado.

Erosão: Laminar ligeira

Drenagem: Acentuadamente drenado

Vegetação: Cerrado

Uso atual: Local - café

Regional - café, pastagens, citros e culturas anuais.

Ap 0-23 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4 úmido e úmido amassado); bruno avermelhado (2,5 YR 4/4 seco); muito argiloso; granular fraca; ligeiramente dura, friável, muito plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

A_3 23-40 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e seco); muito argiloso; granular fraca; ligeiramente duro, friável a muito friável, muito plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

B_{21} 40-55 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e seco); muito argiloso; maciça, ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B_{22} 55 -150; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); vermelho (2,5 YR 4/6, seco); muito argiloso; maciça, muito duro, muito friável, plástico, ligeiramente pegajoso.

Raízes: Poucas no Ap; e raras nos demais horizontes.

Material origem: Rochas graníticas do embasamento cristalino.

4. Características químicas do complexo sortivo determinado nos diversos horizontes do perfil representativo do local do experimento.

Horizonte	Prof. (cm)	pH		Meq/100 g							V*** (%)	MO (%)
		H_2O	KCl	$Ca^{++}+Mg^{++}$	Na^{+}	K^{+}	H^{+}	Al^{+++}	S*	T**		
Ap	0–23	5,0	4,0	1,0	0,04	0,330	7,5	0,8	1,370	9,67	14,16	2,91
A_3	23–40	4,7	4,1	0,3	0,02	0,064	7,5	0,8	0,384	8,68	4,42	2,15
B_{21}	40–50	4,7	4,2	0,4	0,02	0,048	6,8	0,8	0,468	8,06	5,39	2,27
B_{22}	55–150+	4,5	4,5	0,5	0,02	0,020	4,8	0,2	0,540	5,56	9,37	1,01

*** Percentagem de saturação de bases
** Capacidade de troca de cations total
* Soma de bases

5. Resultado da análise granulométrica do perfil representativo do local do experimento.

Horizonte	Areia	Limo -%-	Argila
Ap	25,6	9,0	65,4
A_3	29,6	4,0	66,4
B_{21}	23,6	6,0	70,4
B_{22}	25,6	6,0	68,4

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	0,65	3,63	[illegible]
[illegible]	0,4[illegible]	3,63	[illegible]
[illegible]	0,8[illegible]	8,5[illegible]	[illegible]
[illegible]	0,8[illegible]	8,5[illegible]	[illegible]

6. Produções em kg de café beneficiado por hectare, observadas e estimadas pela equação de regressão, médias de três anos.

OBS	X OBS	Y OBS	Y CALC
1	0,00	822,93	751,83
2	1,00	990,43	1047,74
3	2,00	1138,90	1237,87
4	4,00	1430,64	1386,14
5	6,00	1503,90	1345,38
6	8,00	1146,84	1229,22
7	10,00	1004,80	1116,16
8	12,00	1119,49	1049,57
9	14,00	1046,42	1037,70
10	16,00	1060,42	1053,68
11	18,00	1026,08	1035,50

$\hat{Y} = 751,830 + 356,653x - 64,8417x^2 + 4,19672x^3 - 0,09147x^4$
$R^2 = 81,75\%$

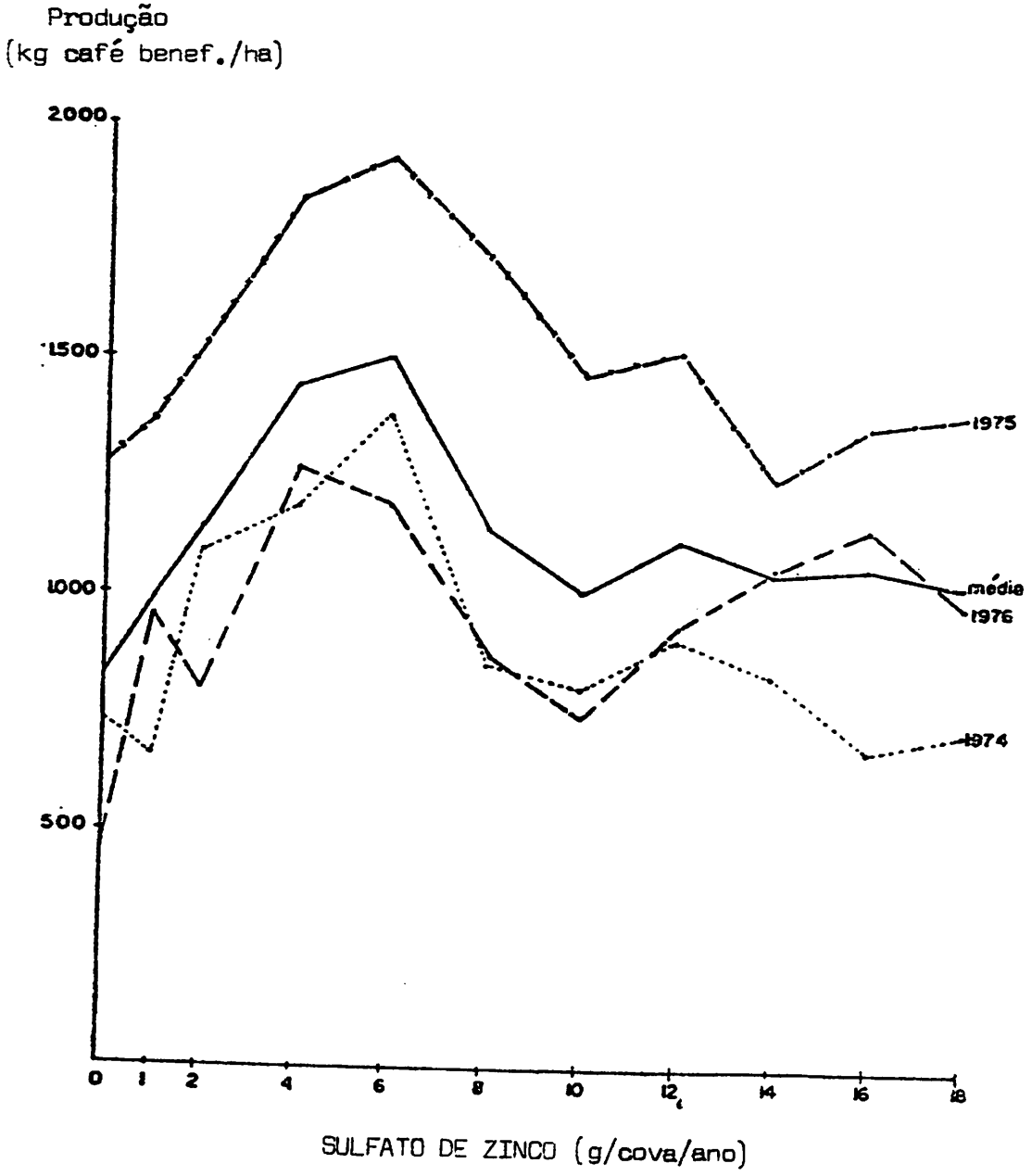
7. Teores de zinco nas folhas, em ppm, observados e estimados pela equação de regressão, média de três anos.

OBS	X OBS	Y OBS	Y CALC
1	0,00	11,11	8,76
2	1,00	11,40	10,55
3	2,00	12,40	12,33
4	4,00	13,47	15,90
5	6,00	16,87	19,47
6	8,00	21,73	23,04
7	10,00	22,52	26,61
8	12,00	36,74	30,18
9	14,00	40,39	33,75
10	16,00	31,18	37,32
11	18,00	41,03	40,89

$\hat{Y} = 8,76659 + 1,78470x$

$R^2 = 88,40\%$

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]



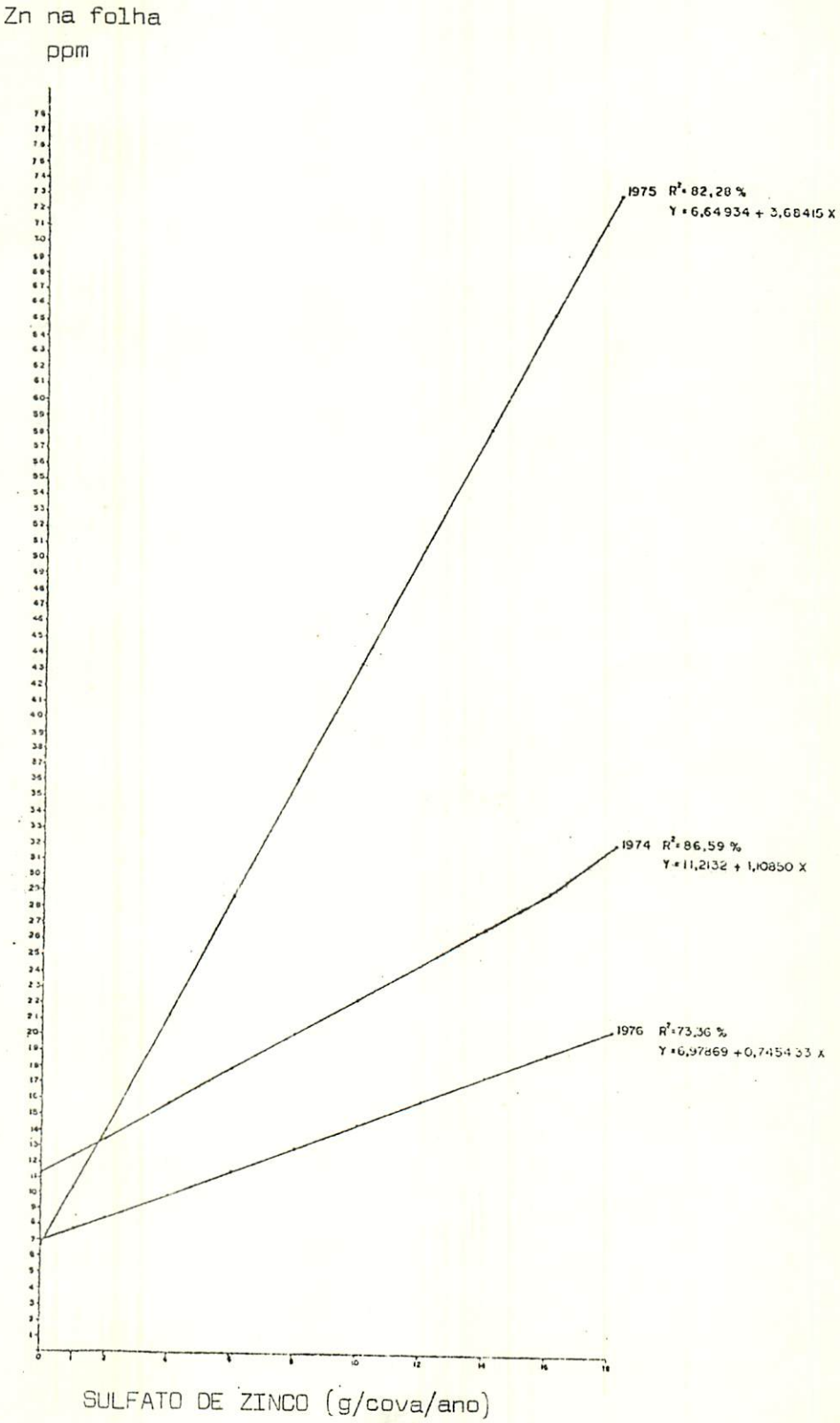
8. Representação gráfica das médias das produções obtidas nos anos de 1974, 1975, 1976 e a média dos três anos.

9. Produções de café beneficiado em kg/ha, obtidas em 1974, 1975, 1976 e a média dos três anos.

Tratamentos	1974			1975			1976			Média Geral
	Bloco I	Bloco II	Média	Bloco I	Bloco II	Média	Bloco I	Bloco II	Média	
Testemunha	715,95	754,37	735,37	1.320,90	1.232,10	1.276,50	538,66	375,28	456,97	822,95
1,0g	630,00	672,00	651,00	1.428,00	1.308,00	1.368,00	1.030,80	873,80	952,30	990,43
2,0g	985,50	1.196,10	1.090,80	1.727,10	1.328,40	1.527,75	960,6	635,7	798,15	1.138,90
4,0g	1.276,00	1.097,80	1.186,90	1.643,40	2.026,20	1.834,80	1.073,7	1.466,6	1.270,15	1.430,64
6,0g	1.552,50	1.212,75	1.382,60	1.937,25	1.923,25	1.930,50	1.245,48	1.151,73	1.198,61	1.503,90
8,0g	887,95	821,30	845,62	1.883,40	1.548,00	1.715,70	879,71	860,7	870,21	1.146,84
10,0g	756,00	846,00	801,00	1.679,40	1.258,20	1.468,80	771,39	717,82	744,61	1.004,80
12,0g	952,00	866,00	909,00	1.320,00	1.710,00	1.515,00	964,24	904,72	934,48	1.119,49
14,0g	824,00	842,00	833,00	1.236,00	1.260,00	1.248,00	1.076,13	1.042,83	1.059,48	1.046,82
16,0g	696,60	646,20	671,40	1.549,80	1.177,20	1.363,50	1.221,37	1.071,38	1.146,38	1.060,42
18,0g	707,40	723,60	715,50	1.387,80	1.387,80	1.387,80	1.064,23	885,68	974,96	1.026,08

10. Teores de zinco nas folhas relativas a amostragem feitas em agosto de 1974, 1975, 1976 e a média dos três anos (ppm).

Tratamentos	1974			1975			1976			74 a 76 Média Geral
	I	II	M	I	II	M	I	II	M	
Testemunha	10,8	11,2	11,0	12,1	15,1	13,6	8,8	8,6	8,7	11,1
1,0g	15,2	14,4	14,8	9,4	13,6	11,5	8,8	6,8	7,8	11,4
2,0g	10,8	11,4	11,1	14,0	18,3	16,1	8,9	10,8	9,8	12,4
4,0g	14,0	15,6	14,8	13,2	16,8	15,0	9,1	12,0	10,5	13,4
6,0g	21,0	17,8	19,4	23,6	20,2	21,9	9,2	9,2	9,2	16,8
8,0g	25,8	23,4	24,6	34,2	25,9	30,1	11,3	9,6	10,4	21,7
10,0g	23,0	21,3	22,2	33,5	33,5	33,5	10,7	12,9	11,8	22,5
12,0g	24,8	26,7	25,8	65,9	75,7	70,8	10,5	16,6	13,6	36,7
14,0g	25,8	26,8	26,3	72,2	68,4	70,3	26,2	22,7	24,4	40,3
16,0g	28,0	25,8	26,9	50,3	46,5	48,4	16,8	19,5	18,1	31,1
18,0g	25,0	26,0	25,5	72,1	82,3	77,2	20,9	19,6	20,3	41,0



11. Equação de regressão dos dados de teor de zinco nas folhas (1974, 1975 e 1976).