PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, NODULAÇÃO E
ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELA SOJA [*Glycine max* (L.)
Merrill], EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE FÓSFORO
E ZINCO, EM SOLOS DE MINAS GERAIS

FRANCISCO MOREL FREIRE

Engenheiro-Agrônomo

Orientador: Dr. José Renato Sarruge

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do grau de
Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Maio, 1978

Aos meus pais,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, pela oportunidade de oferecida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. Dr. José Renato Sarruge, pela atenciosa orientação.

Ao Prof. Gilberto Diniz de Oliveira, pela orientação na realização das análises químicas.

Ao Prof. Dr. José Mário Braga, pelas sugestões.

Ao Prof. Dr. Roberto Ferreira de Novais, pela versão do resumo para o inglês.

Ao Prof. Paulo César Lima, pelas análises estatísticas.

Ao Prof. Valdemar Antônio Demétrio, pela revisão do texto.

À Eng.^a-Agr.^a Lucy Maria da Silva e aos laboratoristas Lurdes Aparecida Dário, Marcos Antônio Maistro e Francisco Carlos Amtonioli, pela colaboração na realização das análises químicas.

Ao Sr. Luiz Carlos Veríssimo, pela orientação na localização das publicações.

Ao Sr. Ângelo Smaniotto, pela ajuda na condução do experimento.

À Srta. Maria Izalina Ferreira Alves e ao Sr. Octávio Frassetto, pelos trabalhos de datilografia e impressão, respectivamente.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 - Fertilização Fosfatada	5
3.2 - Fertilização com Zinco	9
3.3 - Interação Fósforo-Zinco	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 - Produção de Matéria Seca: Raízes, Parte Aérea e Nódulos	23
5.2 - Concentração de Nutrientes em Função dos Níveis de Fósforo, Zinco e Solos	27
5.2.1 - Concentração de nitrogênio	27
5.2.2 - Concentração de fósforo	32
5.2.3 - Concentração de potássio	36
5.2.4 - Concentração de cálcio	42
5.2.5 - Concentração de magnésio	46
5.2.6 - Concentração de zinco	49
6. CONCLUSÕES	56
7. SUMMARY	58
8. LITERATURA CITADA	60

1. RESUMO

Com o objetivo de estudar o efeito de níveis de fósforo e zinco na produção de matéria seca, nodulação e absorção de nutrientes pela cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'UFV-1'), foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", utilizando-se solos do Estado de Minas Gerais. Foram testados três níveis de fósforo (0, 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha) e três de zinco (0, 15 e 30 kg de sulfato de zinco/ha), em três solos. Os solos usados foram os seguintes: Latossolo Vermelho Amarelo (LV), Latossolo Vermelho Escuro textura média (LEm) e Latossolo Vermelho Escuro (LE). Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado num esquema fatorial $3^2 \times 3$, com duas repetições. Cada parcela foi constituída de um vaso contendo 7 kg de terra e 2 plantas. As sementes no plantio foram inocula-

das com estirpes de *Rhizobium japonicum*.

Nestas condições, a adubação fosfatada se fez necessária para uma boa produção de matéria seca e nodulação. A fertilização com zinco não aumentou a produção de matéria seca das plantas. As menores produções foram verificadas no LEm, no entanto, este solo, juntamente com o LV, foram os substratos que propiciaram as maiores nodulações. As concentrações de P e Zn nas plantas aumentaram pelas adubações com fósforo e zinco, respectivamente. Por outro lado, as concentrações de N, Ca, Mg e Zn decresceram pela adubação fosfatada, sendo sugerido um efeito de diluição, propiciado pelo intenso crescimento das plantas. A fertilização fosfatada, na maior dose, diminuiu os teores de K nas folhas velhas e aumentou nas novas e hastes, mostrando ter havido translocação do referido nutriente.

2. INTRODUÇÃO

O Brasil tem experimentado aumentos surpreendentes de produção de soja nos últimos anos. De um total de 5.011.614 t em 1973, passou a 11.226.545 t em 1976, sendo atualmente o 2º produtor mundial. De modo semelhante, a produção de soja em Minas Gerais vem crescendo sensivelmente, passando de 36.318 t em 1973 para 105.515 t em 1976 (BRASIL, 1974; BRASIL, 1976).

Este incremento intenso de produção, em Minas Gerais, deveu-se, além da utilização de uma tecnologia mais avançada, à exploração de novas áreas como as dos cerrados. Embora com algumas condições favoráveis, como as topográficas, os solos dos mesmos são conhecidamente pobres em nutrientes.

Nos principais grupos de solos das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, três dos quais foram objetos de estu

do no presente trabalho, o fósforo apresenta-se como principal nutriente limitante da produção de soja (PIPAEMG, 1973). Por outro lado, existe uma falta de informações para o Estado de Minas Gerais em relação ao emprego de micronutrientes na cultura da soja. O seu emprego é sugerido somente nas condições em que seja comprovada sua deficiência (PIPAEMG, 1973).

Em face do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o efeito de níveis de fósforo e zinco na produção de matéria seca, nodulação e absorção de nutrientes pela cultura da soja, em três solos do Estado de Minas Gerais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - Fertilização Fosfatada

A utilização pelas plantas do fósforo nativo do solo e do adicionado ao mesmo, como fertilizante, pôde ser estudado por WELCH *et alii* (1949) graças à técnica do elemento marcado. Verificaram que a porcentagem de fósforo na planta, proveniente do fertilizante, era inversamente proporcional ao nível de fósforo no solo e diretamente proporcional às quantidades aplicadas na adubação. Observaram, também, que a absorção de fósforo pelas plantas, nos seus primeiros estágios de crescimento, foi muito maior quando o fertilizante foi colocado na linha de plantio, do que quando foi distribuído em toda área e incorporado ao solo.

BUREAU *et alii* (1953), estudando o efeito de fontes de fósforo utilizadas na fertilização do solo, sobre a produção de grãos

matéria seca e absorção de fósforo pelas plantas, verificaram também que a porcentagem do fósforo total na planta, derivado do fertilizante, era inversamente proporcional ao seu nível no solo.

O efeito do nível de fósforo na solução nutritiva sobre várias características agronômicas e químicas da soja, foram estudadas por HOWELL (1954). Verificou que, o aumento do nível de fósforo de 2 para 10 ppm, na solução nutritiva, proporcionou um aumento na altura e peso das plantas, uma maior produção de grãos e mais alto conteúdo de óleo nos mesmos, em todas as variedades usadas. Observou também que, quando foram empregadas doses elevadas, as variedades comportaram-se diferentemente, existindo aquelas que responderam favoravelmente até altos níveis de fósforo, como 112 ppm, enquanto que outras já eram prejudicadas ao nível de 50 ppm.

WEBER e CALDWELL (1962) verificaram que aplicações pesadas de fósforo, com ou sem potássio, resultaram em clorose das plantas de soja. Evidenciou-se que o potássio era limitante nas plantas que receberam altas doses de fósforo e que o manganês era o nutriente limitante nas plantas que receberam altas doses de fósforo e potássio, demonstrando, assim, que grandes quantidades de fósforo podem prejudicar a cultura, em certos casos, provocando a deficiência de outros elementos.

FLETCHER e KURTZ (1964) cultivaram duas variedades de soja em casa de vegetação, com quantidade de fósforo variando de 0 (zero) a 4.950 kg/ha. As altas doses de fósforo afetaram diferente-

mente as variedades. Enquanto uma já apresentava, na dose de 2.948 kg de P/ha, sintomas de toxidez e pouco desenvolvimento, na outra o desenvolvimento reduzido ocorreu somente a mais altos níveis de fósforo, não apresentando outros sintomas de toxidez. As porcentagens de P e K nas folhas aumentaram com o aumento das doses de fósforo.

PEREIRA (1972), estudando o efeito de fontes e doses de fósforo na adubação da soja, encontrou, além de um aumento da concentração do referido nutriente, uma elevação dos teores de N, K e Ca e diminuição dos de Mg na folha, com aumento das doses de cada fosfato.

É bastante conhecido o efeito positivo do fósforo sobre o rendimento da soja, bem como sua influência sobre outras características, como altura da planta, altura da inserção da 1.^a vagem, nodulação, etc.

KAMPRATH e MILLER (1958) desenvolveram trabalhos de campo visando à determinação da relação entre a produção de soja e o nível de fósforo no solo. Para tanto, os solos foram agrupados em diversas classes quanto ao nível de P, ou seja, baixo, 4 a 10 ppm, médio, 11 a 31 ppm, alto, 32 a 56 ppm, e muito alto, maior que 56 ppm. Observaram haver uma relação positiva entre a produção de soja e o nível de fósforo no solo. Estudos em casa de vegetação, realizados também por estes pesquisadores, mostraram resultados semelhantes aos obtidos em condições de acampo.

MIYASAKA *et alii* (1960), MIYASAKA *et alii* (1962), MI

YASAKA *et alii* (1964a), MIYASAKA *et alii* (1966), MASCARENHAS E MIYASAKA (1968) e MASCARENHAS *et alii* (1970) obtiveram respostas significativas na produção de soja em solos do Estado de São Paulo, quando o fósforo foi adicionado na adubação.

A influência da adição de sais de fósforo, potássio e cálcio, sobre a nodulação da soja, foi estudada por MOOY e PESEK (1966). Observaram que a nodulação dada em peso dos nódulos, esperada no fim do florescimento, foi triplicada com a aplicação de 450 a 562 kg de P/ha e 675 a 900 kg de K/ha, demonstrando assim, que uma alta nodulação requer elevadas doses de P e K.

GOEPFERT (1971) e GOEPFERT e FREIRE (1972), trabalhando com solos do Rio Grande do Sul, além de observarem o efeito estimulante do fósforo na produção de matéria seca e rendimento da soja, verificaram sua importância para uma boa nodulação.

PEREIRA (1972), estudando o efeito de fontes e doses de fósforo em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura média, sob vegetação campo cerrado, no Estado de Goiás, para a cultura da soja Mineira, observou aumento no peso dos nódulos secos, das vagens e produção de grãos com as doses de todas as fontes.

No Estado de Minas Gerais, BRAGA *et alii* (1972), conduzindo experimentos em quatro locais do Triângulo Mineiro, num mesmo Latossolo Vermelho Escuro textura média, e doses de 0, 100, 200 e 300 kg de P_2O_5 /ha, encontraram uma relação linear entre a produção de soja e níveis de fósforo aplicado. LIMA *et alii* (1974), além de encontrarem respostas para a produção, verificaram que a adubação

fosfatada proporcionou aumento na altura das plantas e inserção da 1.^a vagem.

3.2 - Fertilização com Zinco

Segundo SALAKO *et alii* (1975), não se considerando a variabilidade existente entre as culturas e as suas capacidades em absorver o zinco do solo, as respostas das plantas à fertilização com este micronutriente, são frequentemente influenciadas pelas quantidades aplicadas e tipo de solo. Trabalhos têm mostrado uma correlação positiva entre as doses de zinco aplicadas e a sua absorção pelas plantas.

VIETS *et alii* (1954), cultivando 26 culturas, com e sem aplicação de zinco, em duas áreas adjacentes, uma das quais havia produzido severos sintomas de deficiência de zinco em milho, observaram que, entre as culturas susceptíveis à deficiência deste elemento, se encontrava a soja. Observaram também que, pela adubação com zinco na base de 26 kg de Zn/ha, como $ZnSO_4$, as severidades dos sintomas poderiam ser diminuídas ou prevenidas inteiramente. O conteúdo de zinco nas folhas maduras mais jovens, de todas as culturas amostradas, foi aumentado com a sua aplicação.

Um experimento de campo foi conduzido por LEE e CRADDOCK (1969) para estudar a influência do pH do solo, adição de micronutrientes e outras práticas de manejo, sobre a produção de soja. O solo onde o experimento foi instalado apresentava 13 e 2 ppm de Zn

nos horizontes Ap (0-13 cm) e A₂ (13-53 cm), respectivamente. Observaram que a adição de ZnSO₄ ao solo aumentou as concentrações de Zn, Fe e Mn nas folhas e diminuiu a altura das plantas e produção.

Foi conduzido trabalho de campo por MARTENS *et alii* (1974), para determinar níveis toleráveis de aplicações de B, Cu e Zn para a cultura da soja. Vários níveis desses micronutrientes foram aplicados aos solos anualmente, por 6 anos. Verificaram que o crescimento das plantas e a produção de sementes, após os anos de aplicação, não foram afetados por doses altas como 3,3 kg de B, 8,4 kg de Cu e 11,1 kg de Zn/ha. Esta relativa tolerância da soja às altas aplicações de B, Cu e Zn, foram atribuídas, em parte, a um decréscimo na absorção desses micronutrientes em pH próximo da neutralidade. Observaram, também, que as concentrações de B e Zn nas plantas, geralmente aumentaram com os níveis de aplicação desses micronutrientes aos solos.

Pela necessidade de mais informações sobre a fertilização da soja com zinco, experimentos foram desenvolvidos por SALAKO *et alii* (1975) em câmara de crescimento, casa de vegetação e campo, com os objetivos de estudar respostas morfológicas da soja à aplicação deste micronutriente, investigar os seus efeitos na produção, comparar várias fontes do mesmo e verificar seu efeito residual em cultura posterior de soja. Em síntese, não foram observados efeitos das doses de zinco sobre a altura das plantas, peso de matéria seca e produção de grãos. Por outro lado, aumentos na absorção e concentração de Zn nas plantas, sugeriram evidências que esta cultura po

derá responder à adubação com este micronutriente.

Trabalhos mostrando o efeito positivo das aplicações de zinco na produção de soja, são encontrados na literatura. Apesar disto, o seu efeito positivo nem sempre tem sido comprovado.

FREITAS *et alii* (1960), trabalhando em um solo pertencente ao grande grupo do Latossolo Húmico sob vegetação de cerrado, do Estado de Goiás, verificaram respostas pelas culturas do milho e soja à aplicação de zinco.

Experimentos de adubação NPK, associada, ou não aos micronutrientes Cu, Zn, Mo, Mn e B, com aplicação de calcário e com presença e ausência de Mg, em solos sob vegetação de cerrado, utilizando as culturas de soja, milho e algodão como testes, foram conduzidos por BRITTO *et alii* (1971). Em todos os trabalhos constatou-se que a adubação preponderante é a de macronutrientes associada a zinco, pois proporcionou produções mais elevadas.

Um experimento incluindo 5 níveis de zinco (0, 1, 3, 9 e 27 kg de Zn/ha) foi estabelecido pela EMBRAPA (1976), no ano agrícola 1972/73, em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, sob vegetação de cerrado, o qual havia sofrido calagem para elevar o pH a 7,0. Anualmente foi aplicada uma adubação de manutenção, sendo que o zinco só foi aplicado quando do início do experimento. Foram cultivados milho nos 2 primeiros anos e sorgo e soja posteriormente. Foi observada pelos dados de produção, para as várias culturas, uma resposta ao zinco, sendo que a dose de 9 kg de Zn/ha mostrou-se su-

ficiente para manter boas produções por, pelo menos, quatro colheitas consecutivas.

Em experimentos conduzidos por MIYASAKA *et alii* (1962, 1964b e 1966), em Terra Roxa misturada com argilito glacial, em solo do arenito de Botucatu, e num solo pobre de Itararé, Estado de São Paulo, não foi observado efeito benéfico na produção de soja pela aplicação de uma mistura de micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo). MASCARENHAS e MIYASAKA (1967), GOEPFERT (1971) e MASCARENHAS *et alii* (1973) também não obtiveram respostas na produção de soja pela aplicação de micronutrientes. Segundo MASCARENHAS *et alii* (1977), a falta de respostas pela soja à aplicação de micronutrientes se deve provavelmente ao fato dos calcários usados como corretivos, superfosfato simples e triplo, apresentarem teores suficientes desses micronutrientes para o bom desenvolvimento das plantas.

3.3 - Interação Fósforo-Zinco

Muitas referências podem ser encontradas na literatura evidenciando o efeito antagônico entre estes nutrientes.

BURLESON *et alii* (1961) observaram, em condições de campo, severa clorose e pouco desenvolvimento das plantas de milho nas parcelas que foram adubadas com fósforo. O milho não adubado com este elemento se apresentava com coloração normal. A suspeita de deficiência de zinco foi confirmada quando a clorose foi corrigida pela pulverização com $ZnSO_4$. Em outro experimento, foi observado leve

sintoma de deficiência de zinco nas plantas de tomate onde o fósforo foi aplicado sozinho. A concentração de Zn no tecido foliar foi reduzida de 24,6 ppm na testemunha para 16,6 ppm nas plantas adubadas com este macronutriente. Em trabalho realizado em casa de vegetação, com feijão, também observaram sintomas de deficiência de zinco nas plantas adubadas com fósforo, não chegando a afetar o desenvolvimento das mesmas.

BOAWN e LEGGETT (1964) cultivaram batatas em condições de campo e solução nutritiva, a níveis de Zn e P que poderiam produzir plantas variando de nenhuma à severa deficiência de zinco. Foi observado que o aumento do suprimento de P induziu uma desordem no crescimento, a qual poderia ser eliminada por um aumento no suprimento de Zn. Verificaram, também, que o aparecimento de sintomas de deficiência e a correção dos mesmos não foram bem correlacionados com as mudanças nas concentrações de Zn no caule e folhas. Para estes autores, as altas concentrações de P nos tecidos, resultando em razões P/Zn de altos valores, pareceu oferecer uma melhor explicação para os ocorridos. As plantas sadias apresentaram uma razão de concentração P/Zn inferior a 400, ao passo que, as deficientes em zinco, apresentaram razões superiores àquele valor.

Em experimentos em casa de vegetação, ELLIS JR. *et alii* (1964) verificaram um decréscimo nas concentrações de Zn em feijão e milho pela aplicação de 492 e 737 kg de P/ha. Verificaram, também, que as aplicações de Zn resultaram em decréscimo nas concentra

ções de P das folhas de feijão que recebeu alta dose de fósforo.

Deficiência de zinco induzida por fósforo foi observada por BOAWN e BROWN (1968) em feijões e batatas. Em ambas as culturas, o fósforo induziu a deficiência sem que a concentração ou a acumulação de zinco variasse apreciavelmente. Segundo estes pesquisadores, os resultados suportaram a hipótese de que o metabolismo normal depende de um balanço fisiológico entre o fósforo e o zinco.

Duas variedades de soja, diferentes quanto à sensibilidade a altos teores de fósforo, foram cultivadas em solução nutritiva contendo vários níveis de P e Zn, por PAULSEN e ROTIMI (1968). Verificaram que, os altos níveis de fósforo, diminuíram o crescimento da variedade sensível, mais do que da variedade tolerante, mas o decréscimo nas concentrações de Zn ocorreram igualmente em ambas as variedades. A adição de Zn superou o efeito do P na tolerante, mas não na sensível, indicando existir dois diferentes efeitos prejudiciais do fósforo. Foi observado, também, que a deficiência de zinco afetou o crescimento de todas as partes da planta e que as concentrações de P nas folhas decresceram quando as plantas deficientes neste elemento foram supridas com zinco.

LO e REISENAUER (1968), estudando a influência do fornecimento de Zn sobre a produção e composição química da alfafa cultivada, observaram estar os sintomas de deficiência desse micronutriente associados a altos níveis de fósforo nas folhas. A razão P/Zn, encontrada nas folhas de plantas normais, foi inferior a 800.

Estudos realizados em casa de vegetação por BROWN *et alii* (1970), usando milho como planta teste, mostraram que, além do fósforo acentuar os sintomas de deficiência de zinco nas plantas que não receberam este micronutriente, as aplicações de zinco tenderam a acentuar também os sintomas de deficiência de fósforo nas plantas com nível zero deste macronutriente. Citam, também, que a deficiência, em ambos os casos, foi prontamente corrigida mediante aplicações do elemento apropriado.

O efeito antagônico entre estes nutrientes, nem sempre tem sido comprovado. BOAWN *et alii* (1954), em vários experimentos para determinar se os altos níveis de fosfato no solo se constituem num fator para ocorrência de deficiência de Zn em feijão, verificaram que altas aplicações de fósforo não afetaram a absorção do Zn nativo ou aplicado. Segundo estes autores, uma interpretação do efeito do fósforo na absorção do zinco tornou-se complicada pela presença de uma apreciável quantidade deste micronutriente nos tratamentos com fosfato.

Experimentos com cultivo em areia, com várias culturas, foram conduzidos por BINGHAM (1963). Não foram observadas deficiências de Zn induzidas por P. No caso da cultura do citrus, os níveis de zinco na planta aumentaram com a elevação do P no substrato.

Considerações sobre a natureza do discutido efeito são também encontradas na literatura.

De acordo com LANGIN *et alii* (1962), o efeito preju-

dicial do P na utilização do Zn é fisiológico, ocorrendo dentro da planta, sendo provável nas células das raízes, e não uma simples pre cipitação de fosfato de zinco fora das mesmas.

BAHIA (1973), através de estudos visando identificar as relações entre a adubação fosfatada e a calagem, com o zinco, na nutrição do milho, verificou que a interação entre o fósforo e o re ferido micronutriente, na planta, ocorreu principalmente nas raízes, havendo redução na translocação do zinco para as folhas.

Uma série de experimentos com raízes destacadas de cevada e plantas inteiras, em solução nutritiva e solo, visando esclarecer o problema, foi realizado por MALAVOLTA e LOPEZ GOROSTIAGA (1974). Segundo estes autores, a deficiência de zinco induzida pelo fósforo pode ser explicada pela operação de vários processos: inibi ção não competitiva da absorção de zinco; precipitação do zinco pelo fosfato na superfície das raízes; redução na translocação para a parte aérea; efeito de diluição resultante das altas taxas de crescimento causadas pelo fosfato.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", no período de janeiro a março de 1977.

Foram testados três níveis de fósforo e três de zinco, em três solos. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial $3^2 \times 3$ com 2 repetições, perfazendo um total de 54 parcelas (PIMENTEL GOMES, 1976). Cada parcela foi constituída de um vaso com 2 (duas) plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), da cultivar 'UFV-1'.

Os níveis de fósforo e zinco são apresentados na Tabela 1.

O sulfato de zinco empregado foi o heptahidratado ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Tabela 1 - Níveis e Fontes dos Nutrientes Utilizados.

Níveis	Superfosfato Triplo (P_2O_5 - kg/ha)	Sulfato de Zinco (kg/ha)
0	0	0
1	200	15
2	400	30

Os solos estudados são representativos das regiões produtoras de soja do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, do Estado de Minas Gerais. A localização e a classificação dos mesmos, encontram-se na Tabela 2, e os resultados das análises químicas das suas amostras, aparecem na Tabela 3.

Tabela 2 - Classificação e Localização do Local de Coleta dos Solos.

Solo	Classificação	Localização
1) LV	Latossolo Vermelho Amarelo	PADAP (Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba), município de Rio Paranaíba. Entrando pelo trevo de Rio Paranaíba, a caminho da Estação Experimental desta cidade, a 1 km do trevo e 1 km da sede da referida Estação.
2) LEm	Latossolo Vermelho Escuro textura média	km 35, à margem esquerda da BR 050, município de Uberaba.
3) LE	Latossolo Vermelho Escuro	Margem direita da Rodovia Patrocínio-Ibiá, a 12 km de Patrocínio, município de Patrocínio.

Tabela 3 - Resultados da Análise Química de Amostras dos Solos Estudados.

Solo	pH em H ₂ O 1:2,5	C %	Teor trocável em e.mg/100g de terra					
			PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
Sem Calagem								
LV	4,9	2,04	0,009	0,12	0,16	0,05	0,66	7,84
LEm	5,1	0,48	0,009	0,14	0,29	0,11	1,25	3,44
LE	4,9	1,56	0,012	0,30	0,26	0,14	0,66	6,16
Após Calagem								
LV	5,4	1,92	0,011	0,12	1,55	1,09	0,18	6,96
LEm	6,6	0,45	0,015	0,08	1,76	1,07	0,10	1,22
LE	5,8	1,50	0,011	0,12	1,52	0,96	0,14	4,99

Verifica-se, pela interpretação dos resultados analíticos das amostras dos solos (Tabela 3), segundo CATANI e JACINTO (1974), que para o pH, os LE e LV apresentavam-se com acidez elevada e o LEm com acidez média. Após a calagem, os LE e LV apresentaram-se com acidez média e o LEm, com acidez fraca. Para carbono, os LE e LV mostraram um teor alto, e o LEm, baixo. Em relação ao fósforo, todos os solos apresentaram-se com teores baixos. Inicialmente, os solos apresentavam-se com teores médios de K. Após a calagem, os LE e LV passaram a apresentar-se com teores médios e o LEm, baixo. Para o cálcio, os solos apresentaram-se com teores baixos, mesmo a-

pós a calagem. Entretanto, os teores de magnésio que eram baixos inicialmente nos solos, passaram a altos, após a calagem. Inicialmente, os teores de alumínio nos solos eram altos, passando, após a calagem, a baixos. Quanto à acidez total, esta era alta nos solos LE e LV e média no LEm. Após a calagem a acidez total no LV continuou alta, passando, entretanto, para média e baixa no LE e LEm, respectivamente.

A análise das amostras dos solos, após a calagem, para Zn extraível com H_2SO_4 0,025N mais HCl 0,05N, conforme metodologia apresentada por PERKIN-ELMER (1973), revelou teores de 2,7; 1,7 e 2,2 ppm para os LV, LEm e LE, respectivamente.

Os solos foram coletados superficialmente a uma profundidade média de 20 cm. Previamente, antes da instalação do experimento, e com base nos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, foi feita uma calagem utilizando uma mistura de $\text{CaO}_3 + \text{MgO}_3$, apresentando aproximadamente 31% de CaO e 21% de MgO (PIPAEMG, 1972). Após a calagem, os solos foram mantidos com um teor de umidade de cerca de 40% da capacidade de saturação da amostra, por uma semana. Todos os tratamentos receberam uma adubação básica NK (20 kg/ha de N como sulfato de amônio e 50 kg/ha de K_2O como cloreto de potássio). Cada vaso recebeu 7 kg de terra. Para efeito de cálculo das dosagens dos nutrientes por vaso, considerou-se uma densidade aparente de 1,3 e uma profundidade de 20 cm, para os 3 solos estudados. Com exceção do superfosfato triplo, os reagentes usados como fontes de

nutrientes ou visando calagem foram de classificação química p.a.

O plantio foi feito colocando-se 5 sementes por vaso. Durante o plantio, as sementes foram inoculadas com as estirpes SMS - 313 + SMS - 335 de *Rhizobium japonicum* cedidas pela Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico de Campinas. Decorridos 5 dias após a germinação, foi realizado um desbaste, deixando apenas 2 plantas por vaso.

Diariamente todos os tratamentos foram irrigados com água destilada. Visando evitar danos de uma irrigação excessiva, um sistema de coleta do excedente foi adaptado aos vasos.

A colheita foi realizada 43 dias após o plantio quando todas as plantas se apresentavam no estágio de florescimento. A parte aérea foi cortada ao nível da superfície do solo. Para as posteriores análises químicas, a parte aérea foi dividida em hastes, folhas velhas e novas. As raízes das plantas, separadas da terra dos vasos por fortes jatos de água, foram acondicionadas em sacos de papel, da mesma maneira como as diferentes porções da parte aérea. Os nódulos das raízes também foram coletados.

O material vegetal e os nódulos foram secos em estufa de circulação forçada, a 60-70°C, até peso constante, e posteriormente pesados em balança analítica. Após pesagens, o material vegetal foi moído em moinho Wiley e conservado em sacos de papel impermeável.

As determinações dos elementos químicos foram feitas

conforme métodos descritos por SARRUGE e HAAG (1974).

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Produção de Matéria Seca: Raízes, Parte Aérea e Nódulos

As análises da variância dos dados relativos aos pesos da matéria seca das raízes, parte aérea e nódulos são apresentadas de forma resumida na Tabela 4. Observou-se que, para matéria seca das raízes e nódulos, houve efeito de solos, fósforo e interação solos x fósforo. Entretanto, para matéria seca da parte aérea, observou-se efeito somente de solos e fósforo.

As produções de matéria seca das raízes e parte aérea, em função das doses de fósforo e solos, são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 4 - Resumo das Análises da Variância dos Dados Relativos aos Pesos de Matéria Seca das Raízes, Parte Aérea e Nódulos.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Raízes	Parte aérea	Nódulos
Solos	2	2,691395**	5,160860*	0,105970**
P	2	39,687621**	547,473650**	0,689455**
Zn	2	0,095731	1,234172	0,004598
Solos x P	4	0,318948*	0,613188	0,047236**
Solos x Zn	4	0,216581	1,185272	0,003059
P x Zn	4	0,210251	0,845979	0,002364
Solos x P x Zn	8	0,179310	1,533692	0,005000
Tratamentos	26	3,437195**	43,484020**	0,071180**
Resíduo	27	0,104809	1,113137	0,008110
C.V.		10,77%	11,97%	46,82%

Tabela 5 - Peso de Matéria Seca das Raízes, em g/vaso, em Função Das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	1,474	1,174	1,263	1,304
200	4,091	3,301	3,613	3,668
400	4,666	3,446	4,015	4,042
Médias	3,410	2,640	2,964	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_4 = 0,267
 Solos = 0,267
 P dentro solos = 0,462

Tabela 6 - Peso de Matéria Seca da Parte Aérea, em g/vaso, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	2,947	2,190	2,626	2,588
200	10,763	10,229	11,333	10,775
400	13,539	12,177	13,532	13,083
Médias	9,083	8,199	9,164	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,870
 Solos P_2O_5 = 0,870
 P dentro solos = 1,508

Pode-se observar na Tabela 5 que os acréscimos de produção de raízes, em função das doses de fósforo, tiveram a mesma tendência nos três solos estudados. Entretanto, entre eles a resposta foi marcante no LV. Tanto no LE, quanto no LEm, não houve diferença entre as produções nas doses 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha. Quando se analisa a Tabela 6, verifica-se que, para produção de matéria seca da parte aérea, os solos se comportaram semelhantemente, ocorrendo as maiores respostas no LV e LE, os quais não se diferenciaram estatisticamente.

As respostas à fertilização fosfatada, verificadas neste trabalho pelos aumentos de produção de matéria seca das raízes e parte aérea, são concordantes com os resultados obtidos por HOWELL (1954), FLETCHER e KURTZ (1964) e GOEPFERT e FREIRE (1972).

Não se encontraram respostas à aplicação de zinco para produção de matéria seca de raízes e parte aérea. A falta de respostas à aplicação desse micronutriente, foram verificadas também por SALAKO *et alii* (1975). MASCARENHAS *et alii* (1977), explicando a ação ineficiente da fertilização com micronutrientes para a cultura da soja, verificada por diversos autores, sugere que isto se deve, provavelmente, ao fato dos calcários usados como corretivos, superfosfato simples e triplo, apresentarem teores suficientes de micronutrientes para o bom desenvolvimento das plantas. Deve-se levar em consideração que, neste trabalho, foram utilizados superfosfato triplo como fonte de fósforo e água destilada na irrigação.

Os pesos dos nódulos secos em função das doses de fósforo e solos, encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Pesos dos Nódulos Secos, em g/vaso, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,003	0,001	0,001	0,002
200	0,250	0,177	0,121	0,183
400	0,506	0,476	0,196	0,393
Médias	0,253	0,218	0,106	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,074
 Solos = 0,074
 P dentro solos = 0,129

Pela Tabela 7 verifica-se que a nodulação nos solos LV e LEm aumentou com a elevação das doses de fósforo. No LE, no entanto, um acréscimo na nodulação ocorreu somente entre as doses 0 3 200 ou 400 kg de P_2O_5 /ha. Este efeito estimulante do fósforo na nodulação já foi também observado por diversos autores, como FLETCHER e KURTZ (1964), MOOY e PESEK (1966), GOEPFERT (1971), GOEPFERT e FREIRE (1972) e PEREIRA (1972).

5.2 - Concentração de Nutrientes em Função dos Níveis de Fósforo, Zinco e Solos

5.2.1 - Concentração de nitrogênio

Pelas análises da variância, Tabela 8, observou-se que, para hastes, houve efeito de solos, fósforo, interações solos x fósforo e fósforo x zinco. Tanto para folhas velhas, quanto para novas, houve efeito apenas de solos e fósforo.

As concentrações de nitrogênio nas hastes, folhas velhas e novas, em função das doses de fósforo e solos são apresentadas nas Tabelas 9, 10 e 11.

Tabela 8 - Resumo das Análises da Variância das Concentrações de Nitrogênio na Matéria Seca das Hastes, Folhas Velhas e Novas.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Hastes	Folhas Velhas	Folhas Novas
Solos	2	0,126206**	2,103140**	1,304656**
P	2	25,989340**	31,025395**	10,718806**
Zn	2	0,046667	0,074751	0,195116
Solos x P	4	0,133893**	0,293629	0,159524
Solos x Zn	4	0,016113	0,138860	0,115227
P x Zn	4	0,055304*	0,052732	0,174519
Solos x P x Zn	8	0,017857	0,096443	0,080445
Tratamentos	26	2,049559**	2,658422**	1,033761**
Resíduo	27	0,019805	0,145757	0,082173
C.V.		8,45%	11,49%	7,73%

Tabela 9 - Concentrações de Nitrogênio, em %, nas Hastes em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	3,18	2,99	2,98	3,05
200	0,87	1,01	1,20	1,03
400	0,84	0,81	1,11	0,92
Médias	1,63	1,60	1,76	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,12
Solos = 0,12
P dentro solos = 0,20

Tabela 10 - Concentrações de Nitrogênio, em %, nas Folhas Velhas em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	4,79	4,74	4,97	4,83
200	2,53	2,23	3,28	2,68
400	2,22	2,26	2,89	2,46
Médias	3,18	3,08	3,71	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,32
 Solos = 0,32
 P dentro Solos= 0,55

Tabela 11 - Concentrações de Nitrogênio, em %, nas Folhas Novas em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	4,45	4,59	4,71	4,58
200	3,33	3,10	3,82	3,42
400	2,99	2,87	3,52	3,13
Médias	3,59	3,52	4,02	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,24
 Solos = 0,24
 P dentro Solos= 0,41

Verifica-se, pela Tabela 9, que as concentrações de nitrogênio nas hastes decresceram da mesma maneira nos LV e LE, pela adubação fosfatada. No LEm, entretanto, houve decréscimo também quando a dose foi elevada de 200 para 400 kg de P_2O_5 /ha. Quanto às concentrações de nitrogênio nas folhas velhas e novas, apresentadas nas Tabelas 10 e 11, observa-se também uma diminuição das concentrações de nitrogênio pela adubação com fósforo em qualquer dose, para os três solos. Entre estes, as concentrações maiores ocorreram no LE, o qual diferiu dos LV e LEm. As reduções verificadas pela fertilização fosfatada é concordante com a literatura; WEBER e CALDWELL (1962) e CONROY e LAMBE (1962) observaram efeito antagônico entre o fósforo e nitrogênio. Entretanto, os decréscimos das concentrações de nitrogênio pela elevação da dose 0 para 200 ou 400 kg de P_2O_5 /ha, podem ser atribuídos a um efeito de diluição, já que, devido à pobreza em fósforo nestes solos, ocorreu uma drástica redução no crescimento quando o mesmo não foi fornecido.

A Tabela 12 apresenta as concentrações de nitrogênio nas hastes, em função das doses de zinco e fósforo.

Tabela 12 - Concentrações de Nitrogênio, em %, nas Hastes, em Função das Doses de Zinco e Fósforo.

Sulfato de zinco (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)			Médias
	0	200	400	
0	3,12	0,91	0,94	1,66
15	3,09	1,17	0,90	1,72
30	2,95	1,00	0,92	1,62
Médias	3,05	1,03	0,92	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P₂O₅ = 0,12
 Doses de Sulfato de Zinco = 0,12
 Zn dentro P = 0,20
 P dentro Zn = 0,20

Observa-se na Tabela 12 uma elevação na concentração de nitrogênio nas hastes quando a dose de sulfato de zinco passou de 0 para 15 kg/ha, na presença de 200 kg de P₂O₅/ha. Para as doses 0 e 400 kg de P₂O₅/ha, não foi observado efeito da adubação com zinco. Esta elevação na concentração de nitrogênio poderia ser atribuída, provavelmente, a uma melhoria do estado nutricional da planta pela adição do zinco, proporcionando condições para uma melhor absorção de nutrientes, apesar da fertilização com este micronutriente não ter sido traduzida em forma de aumento de matéria seca. Efeitos semelhantes foram observados também para as concentrações de nitrogênio nas folhas novas, como pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13 - Concentrações de Nitrogênio, em %, nas Folhas Novas, em Função das Doses de Zinco e Fósforo.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)			Médias
	0	200	400	
0	4,60	3,17	3,00	3,59
15	4,52	3,68	3,10	3,77
30	4,63	3,39	3,29	3,77
Médias	4,58	3,41	3,13	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P₂O₅ = 0,24
 Doses de Sulfato de Zinco = 0,24
 Zn dentro P = 0,41
 P dentro Zn = 0,41

5.2.2 - Concentração de fósforo

As análises da variância, de forma resumida, das concentrações de fósforo nas hastes, folhas velhas e novas, são apresentadas na Tabela 14. Observou-se para hastes, efeito apenas de solos e fósforo. Além deste, verificou-se também, para folhas velhas e novas, o das interações fósforo x zinco e solos x fósforo, respectivamente.

Nas Tabelas 15, 16 e 17 são apresentadas as concentrações de fósforo nas hastes, folhas velhas e novas, respectivamente, em função das doses de fósforo e solos.

Tabela 14 - Resumo das Análises da Variância das Concentrações de Fósforo na Matéria Seca das Hastes, Folhas Velhas e Novas.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Hastes	Folhas Velhas	Folhas Novas
Solos	2	0,001015**	0,002533**	0,002540**
P	2	0,000959**	0,006080**	0,009310**
Zn	2	0,000035	0,000146	0,000225
Solos x P	4	0,000150	0,000644	0,001839**
Solos x Zn	4	0,000051	0,000168	0,000071
P x Zn	4	0,000138	0,000910*	0,000679
Solos x P x Zn	8	0,000043	0,000096	0,000253
Tratamentos	26	0,000220**	0,000968*	0,001405**
Resíduo	27	0,000080	0,000283	0,000426
C.V.		16,26%	19,18%	12,76%

Tabela 15 - Concentrações de Fósforo, em %, nas Hastes em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,046	0,043	0,051	0,047
200	0,065	0,045	0,069	0,060
400	0,061	0,052	0,064	0,059
Médias	0,057	0,047	0,061	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,007
 Solos = 0,007
 P dentro Solos=0,013

Tabela 16 - Concentrações de Fósforo, em %, nas Folhas Velhas em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,071	0,063	0,067	0,067
200	0,097	0,071	0,114	0,094
400	0,099	0,092	0,116	0,102
Médias	0,089	0,075	0,099	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,014
 Solos = 0,014
 P dentro Solos= 0,024

Tabela 17 - Concentrações de Fósforo, em %, nas Folhas Novas em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,140	0,141	0,139	0,140
200	0,171	0,124	0,185	0,160
400	0,185	0,181	0,191	0,186
Médias	0,165	0,149	0,172	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,017
 Solos = 0,017
 P dentro Solos= 0,030

Verifica-se, de modo geral, pelas Tabelas 15, 16 e 17, uma elevação da concentração de fósforo, nas diversas partes da planta, pela adubação fosfatada, o que se faz notar, principalmente entre as doses 0 e 400 kg de P_2O_5 /ha. Entre as doses 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha, verifica-se acréscimo somente nas folhas novas, no LEm. Esta elevação dos teores de fósforo no tecido vegetal pela adição deste nutriente ao meio, já foi observada também por WEBER e CALDWELL (1962), FLETCHER e KURTZ (1964) e PEREIRA (1972).

Na Tabela 18 são apresentadas as concentrações de fósforo nas folhas velhas, em função das doses de zinco e fósforo.

Tabela 18 - Concentrações de Fósforo, em %, nas Folhas Velhas em Função das Doses de Zinco e Fósforo.

Sulfato de zinco (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)			Médias
	0	200	400	
0	0,080	0,084	0,096	0,087
15	0,062	0,098	0,096	0,085
30	0,059	0,100	0,115	0,091
Médias	0,067	0,094	0,102	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,014

Doses de Sulfato de Zinco = 0,014

Zn dentro P = 0,024

P dentro Zn = 0,024

Pela análise da Tabela 18, pode-se verificar que os acréscimos das concentrações de fósforo pela fertilização fosfatada, tornaram-se maiores à medida que as doses de zinco foram elevadas. Embora não alcançasse significância quando não houve adubação fosfatada, as concentrações de fósforo tenderam a diminuir pelo aumento das doses de zinco, sugerindo um antagonismo entre estes elementos, bastante conhecido. As tendências de aumento das concentrações de fósforo, promovidas pela fertilização com zinco, poderiam ser atribuídas, provavelmente, como já anteriormente mencionado para as concentrações de nitrogênio, a uma melhoria do estado nutricional da planta, proporcionando assim, condições para uma melhor absorção de nutrientes.

5.2.3 - Concentração de potássio

Verifica-se pela Tabela 19 que, para as hastes, houve efeito de solos, fósforo, zinco e interações solos x fósforo e solos x fósforo x zinco. Para folhas velhas, houve efeito de solos, fósforo e interações fósforo x solos e fósforo x zinco e para folhas novas, somente o efeito de fósforo.

Nas Tabelas 20, 21 e 22 são encontrados os dados relativos às concentrações de potássio nas hastes, folhas velhas e novas, respectivamente, em função das doses de fósforo e solos.

Tabela 19 - Resumo das Análises da Variância das Concentrações de Potássio na Matéria Seca das Hastes, Folhas Velhas e Novas.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Hastes	Folhas Velhas	Folhas Novas
Solos	2	0,367113**	0,591157**	0,056273
P	2	0,547813**	0,154413**	0,158017**
Zn	2	0,039368*	0,015791	0,000773
Solos x P	4	0,105282**	0,071579**	0,035646
Solos x Zn	4	0,013629	0,011240	0,007277
P x Zn	4	0,010737	0,045362*	0,040613
Solos x P x Zn	8	0,034182**	0,012846	0,017278
Tratamentos	26	0,103871**	0,082239**	0,034711
Resíduo	27	0,008809	0,011349	0,020137
C.V.		9,77%	9,58%	8,41%

Tabela 20 - Concentrações de Potássio, em %, nas Hastes, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_{205} (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,72	0,77	0,82	0,77
200	1,23	0,80	1,30	1,11
400	1,03	0,84	1,13	1,00
Médias	0,99	0,80	1,08	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_{205} = 0,08
 Solos = 0,08
 P dentro Solos = 0,13

Tabela 21 - Concentrações de Potássio, em %, nas Folhas Velhas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	1,20	1,10	1,24	1,18
200	1,28	0,85	1,32	1,15
400	1,17	0,76	1,09	1,01
Médias	1,22	0,90	1,22	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,09
 Solos = 0,09
 P dentro Solos= 0,15

Tabela 22 - Concentrações de Potássio, em %, nas Folhas Novas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	1,56	1,57	1,60	1,58
200	1,81	1,59	1,86	1,75
400	1,76	1,71	1,72	1,73
Médias	1,71	1,62	1,73	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,12
 Solos = 0,12
 P dentro Solos= 0,20

Pode-se observar para hastes, Tabela 20, que as concentrações de potássio variaram diferentemente dentro dos solos, em função dos níveis de fósforo aplicados. Somente no LEm, não foi observado decréscimo na concentração de potássio pelo aumento de 200 para 400 kg de P_2O_5 /ha. Para folhas velhas, Tabela 21, observa-se um decréscimo das concentrações de potássio pela elevação de 200 para 400 kg de P_2O_5 /ha. Estes efeitos se evidenciaram no LE. Pela Tabela 22, verifica-se apenas o efeito do fósforo, aumentando a concentração de potássio nas folhas novas.

Quando se comparam as concentrações de potássio nas diversas partes da planta, Tabela 23, observa-se uma tendência de decréscimo nas folhas velhas e acréscimo nas folhas novas e hastes pela adubação com fósforo, sendo mais evidenciado quando se comparam as doses 0 e 400 kg de P_2O_5 /ha. Isto seria devido, provavelmente, a um maior crescimento da planta pela fertilização fosfatada, provocando assim uma translocação do potássio dentro da mesma, numa tentativa de suprir, com este nutriente, as regiões em crescimento. Este efeito sugere que a disponibilidade do potássio no solo não se encontrava à altura de atender às demandas da planta, ou que esta não apresentou condições de absorvê-lo à medida de suas necessidades.

Pela Tabela 24 verifica-se o efeito das doses de zinco promovendo um aumento da concentração de potássio nas hastes.

Tabela 23 - Concentrações de Potássio, em %, em Função das Diferentes Partes da Planta e Doses de Fósforo.

P_2O_5 (kg/ha)	Folhas Velhas	Hastes	Folhas Novas
0	1,18	0,77	1,58
200	1,15	1,11	1,75
400	1,01	1,00	1,73

Tabela 24 - Concentrações de Potássio, em %, nas Hastes, em Função das Doses de Zinco e Solos.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	1,01	0,76	1,00	0,92
15	0,94	0,82	1,08	0,95
30	1,03	0,84	1,17	1,01
Médias	0,99	0,81	1,08	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de Sulfato de Zinco = 0,08
 Solos = 0,08
 Zn dentro Solos = 0,13

Na Tabela 25 são apresentadas as concentrações de potássio nas folhas velhas em função das doses de zinco e fósforo.

Tabela 25 - Concentrações de Potássio, em %, nas Folhas Velhas, em Função das Doses de Zinco e Fósforo.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)			Médias
	0	200	400	
0	1,20	1,14	0,91	1,08
15	1,23	1,10	0,99	1,11
30	1,10	1,21	1,12	1,14
Médias	1,18	1,15	1,01	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de Sulfato de Zinco = 0,09
 Doses de P₂O₅ = 0,09
 Zn dentro P = 0,15
 P dentro Zn = 0,15

A análise da Tabela 25 sugere, como já discutido para as concentrações de nitrogênio e fósforo, uma importância para a adição de zinco quando a planta está suprida de fósforo, pois, como pode ser verificado, parece que esta fertilização tende a promover em determinados casos, uma maior absorção de nutrientes, como o nitrogênio e fósforo já citados, e o potássio neste caso. O aumento da concentração de potássio ocorreu somente entre as doses 0 e 30 kg de ZnSO₄/ha na dose de 400 kg de P₂O₅/ha.

5.2.4 - Concentração de Cálcio

As análises da variância das concentrações de cálcio nas hastes, folhas velhas e novas, são apresentadas na Tabela 26 em forma resumida. Verificou-se que, para as hastes, houve efeito de solos e fósforo. Para folhas velhas, houve efeito de solos e interação solos x fósforo e para folhas novas, efeito de fósforo e zinco.

Tabela 26 - Resumo das Análises da Variância das Concentrações de Cálcio na Matéria Seca das Hastes, Folhas Velhas e Novas.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Hastes	Folhas Velhas	Folhas Novas
Solos	2	0,028229**	0,124772**	0,000091
P	2	0,199651**	0,009739	0,087202**
Zn	2	0,004357	0,007606	0,012091*
Solos x P	4	0,008651	0,042269*	0,004887
Solos x Zn	4	0,003365	0,023677	0,004518
P x Zn	4	0,001329	0,024002	0,002029
Solos x P x Zn	8	0,001083	0,025200	0,005849
Tratamentos	26	0,020251**	0,032524*	0,011204**
Resíduo	27	0,004001	0,013187	0,003398
C.V.		10,68%	8,68%	6,86%

As concentrações de cálcio nas diversas partes da planta, em função das doses de fósforo e solos, acham-se nas Tabelas 27, 28 e 29.

Tabela 27 - Concentrações de Cálcio, em %, nas Hastes, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,63	0,77	0,74	0,71
200	0,49	0,51	0,55	0,52
400	0,52	0,53	0,59	0,55
Médias	0,55	0,60	0,63	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,05
 Solos = 0,05
 P dentro Solos = 0,09

Tabela 28 - Concentrações de Cálcio, em %, nas Folhas Velhas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	1,26	1,47	1,32	1,35
200	1,24	1,27	1,43	1,31
400	1,19	1,32	1,40	1,30
Médias	1,23	1,35	1,38	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,09
 Solos = 0,09
 P dentro Solos = 0,16

Tabela 29 - Concentrações de Cálcio, em %, nas Folhas Novas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,90	0,93	0,96	0,93
200	0,83	0,81	0,78	0,81
400	0,81	0,81	0,80	0,81
Médias	0,85	0,85	0,85	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,05
 Solos = 0,05
 P dentro Solos = 0,08

Pode-se observar pela Tabela 27, que as variações das concentrações de cálcio nas hastes, em função das doses de fósforo, foram semelhantes nos três solos estudados. As maiores concentrações foram observadas no LEm e LE. O decréscimo observado na concentração desse nutriente, pela adubação fosfatada, deveu-se, provavelmente, a um efeito de diluição, o que pode ser verificado pelo intenso aumento da matéria seca da parte aérea (Tabela 6). Para as concentrações de cálcio nas folhas velhas, somente foi observado decréscimo entre as doses 0 e 200 kg de P_2O_5 /ha, no LEm. Este decréscimo da concentração, pela adubação com fósforo, pode ser atribuído também a um efeito de diluição, devido ao intenso crescimento das plantas supridas com aquele macronutriente. Os efeitos das doses de fósforo, nas concentrações de cálcio, nas folhas novas, foram semelhantes aos

nas hastes. Deve-se mencionar, que as variações ocorridas entre as doses 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha, não foram significativas.

Poder-se-ia esperar uma elevação das concentrações de cálcio nas diferentes partes da planta pela aplicação das doses de fósforo, visto que, o superfosfato triplo, além de ser fonte de fósforo, fornece também cálcio. O aumento das concentrações de cálcio nas folhas de soja foi encontrado por PEREIRA (1972), com o aumento das doses de superfosfato triplo.

Foi observado, também, um aumento das concentrações de cálcio nas folhas novas pela fertilização com zinco. Os dados relativos a essas concentrações são apresentados na Tabela 30, observando-se uma elevação no teor do nutriente pelo aumento de 15 para 30 kg de $ZnSO_4$ /ha, no LV.

Tabela 30 - Concentrações de Cálcio, em %, nas Folhas Novas, em Função das Doses de Zinco e Solos.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,88	0,84	0,83	0,85
15	0,79	0,83	0,85	0,82
30	0,87	0,88	0,88	0,88
Médias	0,85	0,85	0,85	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de Sulfato de Zinco = 0,05
 Solos = 0,05
 Zn dentro Solos = 0,08

5.2.5 - Concentração de Magnésio

As análises da variância, apresentadas de forma resumida para as diversas partes da planta, acham-se na Tabela 31. Verifica-se que, para hastes e folhas velhas, houve efeito de solos, fósforo e interação solos x fósforo e para folhas novas, efeito apenas de fósforo.

Tabela 31 - Resumo das Análises da Variância das Concentrações de Magnésio na Matéria Seca das Hastes, Folhas Velhas e Novas.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Hastes	Folhas Velhas	Folhas Novas
Solos	2	0,014735**	0,032238**	0,002679
P	2	0,154807**	0,163550**	0,115696**
Zn	2	0,000679	0,000816	0,000224
Solos x P	4	0,007768**	0,013497**	0,002071
Solos x Zn	4	0,000540	0,004938	0,001340
P x Zn	4	0,000162	0,002933	0,001257
Solos x P x Zn	8	0,000561	0,002930	0,000853
Tratamentos	26	0,014570**	0,019312**	0,010103**
Resíduo	27	0,001425	0,003064	0,001266
C.V.		11,01%	10,02%	8,77%

As concentrações de magnésio para as diversas partes da planta, em função das doses de fósforo e solos, são encontradas nas Tabelas 32, 33 e 34.

Tabela 32 - Concentrações de Magnésio, em %, nas Hastes, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,38	0,52	0,45	0,45
200	0,29	0,30	0,29	0,29
400	0,28	0,30	0,28	0,29
Médias	0,32	0,37	0,34	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,03
 Solos = 0,03
 P dentro Solos = 0,05

Tabela 33 - Concentrações de Magnésio, em %, nas Folhas Velhas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,64	0,74	0,62	0,67
200	0,44	0,50	0,55	0,50
400	0,44	0,52	0,54	0,50
Médias	0,51	0,59	0,57	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,05
 Solos = 0,05
 P dentro Solos = 0,08

Tabela 34 - Concentrações de Magnésio, em %, nas Folhas Novas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	0,48	0,53	0,47	0,49
200	0,37	0,38	0,37	0,37
400	0,34	0,35	0,36	0,35
Médias	0,40	0,42	0,40	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 0,03
 Solos = 0,03
 P dentro Solos = 0,05

Para as concentrações de magnésio nas hastes, folhas velhas e novas, Tabelas 32, 33 e 34, respectivamente, verifica-se que ocorreu, dentro dos solos, uma queda da concentração quando se empregou 200 ou 400 kg de P_2O_5 /ha. Entretanto, as diferenças ocorridas entre estas doses não se mostraram significativas. Isto sugere que possa ter havido um efeito de diluição devido ao maior crescimento das plantas supridas em fósforo, visto que, os solos utilizados neste trabalho são conhecidamente pobres neste nutriente.

Apesar do possível efeito de diluição, CONROY e LAMBE (1962) e PEREIRA (1972), trabalhando com tomate e soja, respectivamente, mostraram reduções das concentrações de magnésio nas folhas, pelo aumento das doses de fósforo aplicadas.

5.2.6 - Concentração de Zinco

Pela Tabela 35 verifica-se que, para hastes e folhas novas, houve efeito de solos, fósforo e zinco. Para folhas velhas, além de ter sido verificado significância de solos, fósforo e zinco, observou-se também o efeito da interação solos x fósforo.

Tabela 35 - Resumo das Análises da Variância das Concentrações de Zinco na Matéria Seca das Hastes, Folhas Velhas e Novas.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.		
		Hastes	Folhas Velhas	Folhas Novas
Solos	2	306,722198**	6000,574102**	660,073975**
P	2	3337,166659**	5980,574102**	8125,407352**
Zn	2	142,722198*	5022,574102**	1132,573975**
Solos x P	4	23,305572	999,407410**	229,601928
Solos x Zn	4	29,527793	62,490722	27,018615
P x Zn	4	36,472236	210,074096	93,435241
Solos x P x Zn	8	4,111099	353,282409	48,962921
Tratamentos	26	306,282050**	1612,368955**	831,847582**
Resíduo	27	27,611111	228,629629	111,074074
C.V.		18,95%	20,82%	14,97%

Nas Tabelas 36, 37 e 38 encontram-se as concentrações de zinco, para as diversas partes da planta, em função das doses de fósforo e solos.

Tabela 36 - Concentrações de Zinco, em ppm, nas Hastes, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	42,2	39,3	48,8	43,4
200	22,5	14,2	23,2	20,0
400	21,2	16,2	22,0	19,8
Médias	28,6	23,2	31,3	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 4,3
 Solos = 4,3
 P dentro Solos= 7,5

Tabela 37 - Concentrações de Zinco, em ppm, nas Folhas Velhas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	90,3	87,3	102,3	93,3
200	77,2	32,3	84,2	64,6
400	76,0	34,8	68,7	59,8
Médias	81,2	51,5	85,1	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 12,5
 Solos = 12,5
 P dentro Solos= 21,6

Tabela 38 - Concentrações de Zinco, em ppm, nas Folhas Novas, em Função das Doses de Fósforo e Solos.

P_2O_5 (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	90,8	95,2	98,3	94,8
200	67,5	50,0	64,5	60,7
400	61,7	45,2	60,5	55,8
Médias	73,3	63,5	74,4	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de P_2O_5 = 8,7
 Solos = 8,7
 P dentro Solos = 15,1

Pela análise das Tabelas 36, 37 e 38, verifica-se que os decréscimos das concentrações de zinco tiveram o mesmo comportamento nos solos estudados, para as diversas partes da planta. Pode-se observar, no entanto, que os decréscimos encontrados no LEm, pela dose 200 ou 400 kg de P_2O_5 /ha foram mais acentuados que os verificados nos LV e LE. Quando se compara as concentrações de zinco na dose de 200 kg de P_2O_5 /ha, com aquelas na dose de 400 kg de P_2O_5 /ha, não se verifica diferenças significativas.

Somente se observaram diferenças entre as concentrações na dose de 0 kg de P_2O_5 /ha e aquelas na dose de 200 ou 400 kg de P_2O_5 /ha. Isto sugere novamente um efeito de diluição provocado pelo crescimento das plantas. Segundo OLSEN (1972), em solos deficientes em fósforo e tendendo à deficiência ou levemente deficiente em

zinco disponível, a taxa de crescimento aumenta pela adubação fosfatada, mas a de absorção de zinco não cresce rapidamente o bastante para manter uma concentração suficiente desse micronutriente na parte aérea. MALAVOLTA e LOPEZ GOROSTIAGA (1974) sugerem que a interação fósforo x zinco poderia ser explicada pela operação de vários processos, dentre eles, o efeito de diluição resultante da mais alta taxa de crescimento causada pelo fosfato.

As concentrações de zinco nas diversas partes da planta, em função das doses de zinco e solos, são apresentadas nas Tabelas 39, 40 e 41.

Tabela 39 - Concentrações de Zinco, em ppm, nas Hastes, em Função das Doses de Zinco e Solos.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	28,0	21,2	26,0	25,1
15	26,5	22,8	33,0	27,4
30	31,3	25,7	35,0	30,7
Médias	28,6	23,2	31,3	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de Sulfato de Zinco = 4,3
 Solos = 4,3
 Zn dentro Solos = 7,5

Tabela 40 - Concentrações de Zinco, em ppm, nas Folhas Velhas, em
Função das Doses de Zinco e Solos.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	65,3	33,3	62,3	53,6
15	87,3	57,0	92,8	79,0
30	90,8	64,7	100,0	85,2
Médias	81,1	51,7	85,0	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de Sulfato de Zinco = 12,5
Solos = 12,5
Zn dentro Solos = 21,6

Tabela 41 - Concentrações de Zinco, em ppm, nas Folhas Novas, em
Função das Doses de Zinco e Solos.

Sulfato de Zinco (kg/ha)	LV	LEm	LE	Médias
0	64,8	54,3	64,7	61,3
15	75,3	66,7	81,0	74,3
30	79,8	69,3	77,7	75,6
Médias	73,3	63,4	74,5	

D.M.S. Tukey (5%): Doses de Sulfato de Zinco = 8,7
Solos = 8,7
Zn dentro Solos = 15,1

Pode-se observar pelas Tabelas 39, 40 e 41, que as concentrações de zinco nas diversas partes da planta, tenderam a aumentar pela adubação com zinco, nos diferentes solos. Entre as doses 15 e 30 kg de sulfato de zinco/ha não foi observado acréscimo nos teores de zinco. As maiores concentrações foram verificadas no LV e LE. Autores como VIETS *et alii* (1964), LEE e CRADDOCK (1969), MARTENS *et alii* (1974) e SALAKO *et alii* (1975), observaram aumento da concentração de zinco nas folhas de soja, pelo aumento das doses de aplicação desse elemento.

Observa-se que, mesmo na dose 0 kg de sulfato de zinco/ha, as concentrações de zinco nas folhas velhas e novas apresentavam-se com valores relativamente altos, pois, segundo SMALL JR. e OHLROGGE (1973), a faixa de suficiência desse nutriente para folhas de soja, situa-se entre 21 e 50 ppm. Isto sugere que a soja encontrava-se bem suprida em zinco, e que os aumentos de concentrações observados pelas fertilizações com este micronutriente, seriam de luxo. Os níveis satisfatórios das concentrações de zinco nas testemunhas, para o referido micronutriente, poderiam ser devidos à contaminação em zinco pelo superfosfato triplo utilizado como fonte de fósforo, como já mencionado por MASCARENHAS *et alii* (1977), ou à contaminação pela água destilada utilizada na irrigação. O superfosfofato triplo empregado apresentava, segundo sua análise química, um teor de zinco total de 286 ppm. Sabe-se que as doses 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha equivalem a 444,5 e 889 kg de superfosfato triplo/ha. Desde

sa forma, a contribuição em zinco pelo adubo fosfatado foi na base de 0,127 e 0,254 kg de Zn/ha, o que, por sua vez, equivaleria a 0,552 e 1,104 kg de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /ha, para as doses 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha, respectivamente. Sabe-se também, que a água destilada usada na irrigação apresentava um teor de 0,02 ppm de zinco. Com um consumo médio de 50 l de água durante toda a condução do experimento, verifica-se que a contribuição foi na base de 1 mg de zinco/vaso ou 0,37 kg de Zn/ha, equivalendo a 1,61 kg de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /ha. Nos cálculos, considerou-se uma densidade aparente de 1,3 e uma profundidade de 20 cm para os solos.

6. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1 - A produção de matéria seca das plantas e a nodulação aumentaram pela adubação fosfatada.

2 - As plantas cultivadas no solo LEm alcançaram as menores produções de matéria seca.

3 - Os LV e LEm foram os substratos que propiciaram as maiores nodulações da soja.

4 - A fertilização com zinco não provocou aumento na produção de matéria seca das plantas.

5 - As fertilizações com P e Zn provocaram aumentos das concentrações de P e Zn, respectivamente, nos tecidos das plantas.

6 - As concentrações de N, Ca, Mg e Zn decresceram nas hastes, folhas velhas e novas pela adubação fosfatada, sugerindo um efeito de diluição.

7 - A fertilização com fósforo, na maior dose, provocou translocação do K das folhas velhas para as hastes e folhas novas.

7. SUMMARY

The purpose of this work was to study the effect of levels of phosphorus and zinc, on the dry matter yield, nodulation and nutrient uptake by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'UFV-1'). The work was conducted under green-house conditions in the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Three levels of P (0, 200 and 400 kg P_2O_5 /ha) and three levels of Zn (0, 15 and 30 kg of zinc sulfate/ha) were tested in three soils of "Minas Gerais" State. The soils used were a Reddish Yellow Latosol (LV), a Dark Red Latosol medium texture (LEm), and a Dark Red Latosol (LE). The treatments, a $3^2 \times 3$ factorial with two replications, were distributed in a completely randomized block design. Each plot, a pot with 7 kg of soil, received two plants. Before sowing the seeds were inoculated with strains of *Rhizobium japonicum*.

The effect of P fertilization was significant on both dry matter yield and nodulation. Zinc fertilization did not bring any increase on the dry matter yield of the plants. The lowest yields were obtained in the LEm. However, in this soil and in the LV, the largest nodulations were observed. The plant P and Zn contents increased with P and Zn fertilizations, respectively. On the other hand, the N, Ca, Mg and Zn contents decreased with P fertilization probably due to a dilution effect caused by an intense growth of the plants. The highest level of P fertilization decreased the K concentration in the old leaves and increased in the young leaves and stems indicating that some K translocation occurred.

8. LITERATURA CITADA

× BAHIA, F.G.F.T. de C., 1973. Absorção de zinco em relação à adubação fosfatada e à calagem em dois solos de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 38 p. (Tese de Mestrado).

BINGHAM, F.T., 1963. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 27: 389 - 391.

BOAWN, L.C.; F.G. VIETS JR. e C.L. CRAWFORD, 1954. Effect of phosphate fertilizers on zinc nutrition of field beans. Soil Science. Baltimore, 78: 1 - 7.

7 BOAWN, L.C. e G.E. LEGGETT, 1964. Phosphorus and zinc concentrations in Russet Burbank Potato tissues in relation to development of zinc deficiency symptoms. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 28: 229-232.

BOAWN, L.C. e J.C. BROWN, 1968. Further evidence for a P-Zn imbalance in plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 32: 94 - 97.

- BRAGA, J.M.; B.V. DEFELIPO e D. DE ANDRADE, 1972. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do triângulo mineiro. Rev. Ceres. Viçosa, 19(201): 52 - 62.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1974. Anuário Estatístico Brasileiro. 960 p.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1976. Anuário Estatístico Brasileiro. 816 p.
- BRITTO, O.P.P. DE SOUSA; A.F. DE CASTRO; W. MENDES; A. JACCOUD; D.P. RAMOS e F.A. COSTA, 1971. Estudo das reações a micronutrientes em latossolo vermelho escuro sob vegetação de cerrado. Pesq. Agropec. Bras. Rio de Janeiro, 6: 17 - 22.
- BROWN, A.L.; B.A. KRANTZ e J.L. EDDINGS, 1970. Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. Soil Science. Baltimore, 110: 415 - 420.
- BUREAU, F.M.; H.J. MEDERSKI e C.E. EVANS, 1953. The effect of phosphatic fertilizer material and soil phosphorus level on the yield and phosphorus uptake of soybeans. Agronomy Journal. Madison, 45(4): 150 - 154.
- BURLESON, C.A.; A.D. DACUS e C.J. GERARD, 1961. The effect of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of several irrigated crops. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 25(5): 365 - 368.
- CATANI, R.A. e A.O. JACINTO, 1974. Avaliação da Fertilidade do Solo. Método de Análise. São Paulo, Livroceres, 61 p.
- CONROY, E. e J.G.D. LAMBE, 1962. A phosphorus-magnesium interaction in tomato nutrition. Nature. London, 194: 500.

- ELLIS JR., R.; J.F. DAVIS e D.L. THURLOW, 1964. Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus level and temperature. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 28: 83 - 86.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1976. Relatório Técnico Anual. 150 p.
- FLETCHER, H.F. e L.T. KURTZ, 1964. Differential effects of phosphorus fertility on soybean varieties. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 28: 225 - 228.
- FREITAS, L.M.M.; A.C. MCCLUNG e N.L. LOTT, 1960. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. IBEC Research Institute, Bol. 21, 31 p.
- GOEPFERT, C.F., 1971. Importância do fósforo na nodulação e no rendimento da soja (Glycine max). Agronomia Sulriograndense. Porto Alegre, 7: 6 - 9.
- GOEPFERT, C.F. e J.R.J. FREIRE, 1972. Experimento sobre o efeito da calagem e do fósforo em soja (Glycine max (L) Merrill). Agronomia Sulriograndense. Porto Alegre, 8(2): 181 - 186.
- HOWELL, R.W., 1954. Phosphorus nutrition of soybeans. Plant Physiology. Lancaster, 29(5): 477 - 483.
- KAMPRATH, E.J. e E.V. MILLER, 1958. Soybean yields as a function of the phosphorus level. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 22(4): 317 - 319.

LANGIN, E.J.; R.C. WARD; R.A. OLSON e H.F. RHOADES, 1962. Factors responsible for poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization: II. Lime and P placement effects on P - Zn relations. Soil Sci.Soc.Amer.Proc.Madison, 26: 574-578.

LEE, C.R. e G.R. CRADDOCK, 1969. Factors affecting plant growth in high-zinc medium: II - Influence of soil treatments on growth of soybeans on strongly acid soil containing zinc from peach sprays. Agronomy Journal. Madison, 61: 565 - 567.

LIMA, L.A. de P.; C. VIEIRA; T. SEDIYAMA e C.S. SEDIYAMA, 1974. Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em tres localidades do Estado de Minas Gerais. Experientiae. Viçosa, 17(4): 63 - 83.

LO, S.Y e H.M. REISENAUER, 1968. Zinc nutrition of alfalfa. Agronomy Journal. Madison, 60: 464 - 466.

MALAVOLTA, E. e O. LOPEZ GOROSTIAGA, 1974. Studies on the zinc phosphate relationship in plants. Proceeding of the 7th International Colloquium. Hanover, p. 261 - 272.

MARTENS, O.C.; M.T. CARTER e G.O. JONES, 1974. Response of soybeans following six annual applications of various levels of boron, copper, and zinc. Agronomy Journal. Madison, 66: 82 - 84.

MASCARENHAS, H.A.A. e S. MIYASAKA, 1967. Adubação da soja. VI - Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo), em solo latosol roxo com vegetação de cerrado. Bragantia.Campinas, 26(29): 373 - 379.

MASCARENHAS, H.A.A. e S. MIYASAKA, 1968. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo latossolo roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. Bragantia. Campinas, 27(25): 279 - 289.

MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; T. IGUE e E.S. FREIRE, 1970. Adubação da soja. VIII - Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo podzólico vermelho amarelo, variação Piracicaba. Bragantia. Campinas, 29(8): 81 - 89.

MASCARENHAS, H.A.A.; R.A.S. KIIHL; V. NAGAI e O.C. BATAGLIA, 1973 . Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de cerrado. Agrônômico. Campinas, 25: 71 - 77.

MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; N.R. BRAGA; M.A. C. MIRANDA e O. TISSELLI FILHO, 1977. Calagem e Adubação da soja. In: A Soja no Brasil Central. Fundação Cargill, p. 85 - 138.

MIYASAKA, S.; J.G. DA SILVA e J.R. GALLO, 1960. Adubação da soja. I - Ensaios preliminares de adubação mineral em terra-roxa-misturada. Bragantia. Campinas, 19(42): 667 - 674.

MIYASAKA, S.; A.C.P. WUTKE e W.R. VENTURINI, 1962. Adubação da soja. II - Adubação mineral em terra-roxa-misturada com argilito do glacial. Bragantia. Campinas, 21(34): 617 - 630.

MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS, 1964 a. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia. Campinas, 23(5): 45 - 54.

MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS, 1964 b. Adubação da soja. III - Efeito de NPK, do enxofre e de micronutrientes em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia. Campinas, 23(7): 65 - 71.

- MIYASAKA, S.; C. ALENCAR e E.S. FREIRE, 1966. Resposta da soja à adubação com N, P, K, S e micronutrientes em solo pobre de Itararé, no sul do planalto paulista. Bragantia. Campinas, 25 (Nota nº 7): XXIX - XXXIII.
- MOOY, C.J. e J. PESEK, 1966. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. Agronomy Journal. Madison, 58: 275 - 280.
- OLSEN, S.R., 1972. Micronutrient Interactions. In: MORTVEDT, J.J. , P.M. GIORDANO e W.L. LINOSAY, Coord. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Sci. Soc. Amer., p. 243 - 264.
- PAULSEN, G.M. e O.A. ROTIMI, 1968. Phosphorus-zinc in two soybean varieties differing in sensitivity to phosphorus nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 32: 73 - 76.
- PEREIRA, J., 1972. Efeito de fontes e doses de fósforo, na adubação à cultura da soja (Glycine max (L) Merrill), em um solo de campo-cerrado. Viçosa, UFV, 70 p. (Tese de Mestrado).
- PERKIN - ELMER, 1973. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Connecticut, The Perkin - Elmer Corporation.
- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental. 6.^a edição, São Paulo, Libreria Nobel S.A. 430 p.
- PIPAEMG. Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais, 1972. Recomendação do Uso de Fertilizantes para o Estado de Minas Gerais. 2.^a Tentativa. Belo Horizonte, Sec. da Agricultura, 88 p.

PIPAEMG. Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais, 1973. Programa Soja. 42 p. {Boletim Técnico nº 1}.

SALAKO, E.A.; L.S. MURPHY; P.J. GALLAGHER; S.J. SCHIELO e D.A. HOGAN, 1975. Field and growth chamber investigations of zinc sources for soybeans. Departament of Agronomy, Kansas State University, 61 p. (Report of Progress Grant in Aid).

SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba. ESALQ/USP. 55 p.

SMALL JR., H.G. e A.J. OHLROGGE, 1973. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Soybeans and Peanuts. In: WALSH, L. M. e J.O. BEATON, Ed. Soil Testing and Plant Analysis. Madison, Soil Sci.Soc. Amer., p. 315 - 327.

VIETS JR., F.G.; L.C. BOAWN e C.L. CRAWFORD, 1954. Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on a zinc - deficient soil. Soil Science. Baltimore, 78: 305 - 316.

WEBER, J.B. e A.C. CALDWELL, 1962. Soybean chlorosis from heavy fertilization. Agronomy Journal. Madison, 54(5): 425 - 427.

WELCH, C.O.; N.S. HALL e W.L. NELSON, 1949. Utilization of fertilizer and soil phosphorus by soybeans. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 14: 231 - 235.

APENDICE

Tabela 1A - Pesos de Matéria Seca dos Nódulos, Raízes e Parte Aérea, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco. (Média de 2 Repetições).

P ₂ O ₅ kg/ha	Sulfato de Zn. kg/ha	Nódulos (kg/vaso)			Raízes (g/vaso)			Parte aérea (g/vaso)		
		LV ^{a/}	Lem	LE	LV	LEm ^{b/}	LE	LV	LEm	LE ^{c/}
0	0	5	1	1	1,390	1,253	1,182	2,934	2,250	2,533
	15	4	0	1	1,509	1,113	1,236	2,934	2,179	2,478
	30	1	1	2	1,524	1,157	1,372	2,974	2,141	2,868
200	0	169	194	202	3,538	3,230	4,000	9,938	10,614	12,504
	15	284	159	68	4,708	3,366	3,425	11,196	10,284	10,236
	30	296	177	92	4,028	3,307	3,416	11,154	9,788	11,260
400	0	548	443	216	5,026	3,554	4,394	14,881	11,899	14,422
	15	465	435	153	4,711	3,170	4,022	14,153	12,132	12,999
	30	505	551	220	4,262	3,614	3,629	11,584	12,501	13,174

^{a/} Latossolo Vermelho Amarelo.

^{b/} Latossolo Vermelho Escuro textura média.

^{c/} Latossolo Vermelho Escuro.

Tabela 2A - Concentrações de Nitrogênio, em %, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco e Partes da Planta (Média de 2 Repetições).

Partes da Planta	Sulfato de Zn kg/ha	LV ^{a/}			LEm ^{b/}			LE ^{c/}		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
		0	200	400	0	200	400	0	200	400
Hastes	0	3,26	0,82	0,84	2,98	0,98	0,85	3,10	0,92	1,14
	15	3,16	0,95	0,76	3,10	1,12	0,80	3,01	1,44	1,15
	30	3,12	0,84	0,92	2,90	0,94	0,78	2,83	1,23	1,04
Folhas Velhas	0	4,73	2,77	2,31	4,93	1,96	2,13	4,77	2,83	2,82
	15	4,87	2,48	2,20	4,62	2,36	2,18	4,90	3,68	3,01
	30	4,78	2,35	2,16	4,68	2,36	2,45	5,24	3,33	2,84
Folhas Novas	0	4,46	3,48	2,98	4,72	2,67	2,58	4,60	3,36	3,43
	15	4,31	3,42	2,82	4,46	3,44	3,05	4,79	4,18	3,42
	30	4,58	3,08	3,18	4,58	3,19	2,98	4,74	3,90	3,71

^{a/} Latossolo Vermelho Amarelo.

^{b/} Latossolo Vermelho Escuro textura média.

^{c/} Latossolo Vermelho Escuro.

Tabela 3A - Concentrações de Fósforo, em %, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco e Partes da Planta. (Média de 2 Repetições).

Partes da Planta	Sulfato de Zn kg/ha	LV ^{a/}			LEm ^{b/}			LE ^{c/}		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
		0	200	400	0	200	400	0	200	400
Hastes	0	0,048	0,072	0,056	0,046	0,048	0,048	0,045	0,068	0,062
	15	0,042	0,064	0,064	0,041	0,046	0,051	0,046	0,076	0,056
	30	0,048	0,059	0,062	0,044	0,042	0,056	0,061	0,066	0,074
Folhas Velhas	0	0,085	0,098	0,101	0,076	0,051	0,086	0,080	0,102	0,101
	15	0,066	0,099	0,094	0,058	0,077	0,088	0,064	0,118	0,107
	30	0,064	0,094	0,102	0,054	0,084	0,102	0,058	0,122	0,139
Folhas Novas	0	0,133	0,179	0,176	0,157	0,122	0,156	0,140	0,186	0,172
	15	0,138	0,174	0,195	0,134	0,125	0,189	0,138	0,188	0,186
	30	0,148	0,160	0,184	0,132	0,126	0,196	0,140	0,181	0,214

a/ Latossolo Vermelho Amarelo.

b/ Latossolo Vermelho Escuro textura média.

c/ Latossolo Vermelho Escuro.

Tabela 4A - Concentrações de Potássio, em %, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco e Partes da Planta. (Média de 2 Repetições).

Partes da Planta	Sulfato de Zn kg/ha	LV ^{a/}			LEm ^{b/}			LE ^{c/}		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
		0	200	400	0	200	400	0	200	400
Hastes	0	0,71	1,42	0,88	0,76	0,70	0,81	0,84	1,08	1,08
	15	0,66	1,16	1,00	0,76	0,84	0,85	0,78	1,39	1,08
	30	0,77	1,12	1,20	0,78	0,88	0,84	0,86	1,42	1,24
Folhas Velhas	0	1,20	1,39	1,12	1,12	0,81	0,62	1,28	1,24	1,00
	15	1,31	1,20	1,16	1,08	0,81	0,80	1,31	1,31	1,00
	30	1,08	1,27	1,24	1,12	0,92	0,84	1,12	1,42	1,28
Folhas	0	1,54	1,88	1,66	1,76	1,54	1,54	1,72	1,80	1,70
	15	1,58	1,77	1,81	1,50	1,70	1,81	1,54	1,85	1,69
	30	1,58	1,77	1,81	1,46	1,54	1,77	1,55	1,92	1,77

a/ Latossolo Vermelho Amarelo.

b/ Latossolo Vermelho Escuro textura média.

c/ Latossolo Vermelho Escuro.

Tabela 5A - Concentrações de Cálcio, em %, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco e Partes da Planta. (Médias de 2 Repetições).

Partes da Planta	Sulfato de Zn kg/ha	LV ^{a/}			LEM ^{b/}			LE ^{c/}		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
		0	200	400	0	200	400	0	200	400
Hastes	0	0,66	0,52	0,53	0,78	0,50	0,54	0,72	0,56	0,60
	15	0,56	0,48	0,48	0,76	0,50	0,52	0,72	0,56	0,60
	30	0,68	0,48	0,56	0,78	0,53	0,53	0,76	0,53	0,56
Folhas Velhas	0	1,38	1,34	1,13	1,44	1,20	1,39	1,34	1,42	1,24
	15	1,24	1,19	1,10	1,49	1,16	1,25	1,34	1,54	1,44
	30	1,14	1,18	1,35	1,48	1,44	1,34	1,29	1,34	1,54
Folhas Novas	0	0,94	0,90	0,79	0,96	0,74	0,82	0,91	0,82	0,75
	15	0,83	0,80	0,74	0,89	0,82	0,78	0,97	0,74	0,84
	30	0,92	0,80	0,90	0,94	0,86	0,84	1,00	0,79	0,83

a/ Latossolo Vermelho Amarelo.

b/ Latossolo Vermelho Escuro textura média.

c/ Latossolo Vermelho Escuro.

Tabela 6A - Concentrações de Magnésio, em %, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco e Partes da Planta. (Médias de 2 Repetições).

Partes da Planta	Sulfato de Zn kg/ha	LV ^{a/}			LEm ^{b/}			LE ^{c/}		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
		0	200	400	0	200	400	0	200	400
Hastes	0	0,40	0,31	0,27	0,51	0,30	0,30	0,46	0,29	0,30
	15	0,36	0,28	0,27	0,53	0,30	0,29	0,46	0,30	0,28
	30	0,38	0,26	0,29	0,52	0,28	0,30	0,44	0,29	0,26
Folhas Velhas	0	0,68	0,50	0,41	0,70	0,47	0,54	0,62	0,50	0,49
	15	0,64	0,42	0,43	0,76	0,47	0,49	0,64	0,58	0,56
	30	0,59	0,40	0,48	0,74	0,55	0,54	0,60	0,56	0,58
Folhas Novas	0	0,53	0,38	0,32	0,54	0,34	0,34	0,47	0,36	0,34
	15	0,46	0,36	0,34	0,56	0,40	0,34	0,49	0,36	0,38
	30	0,47	0,36	0,36	0,51	0,38	0,36	0,46	0,38	0,36

a/ Latossolo Vermelho Amarelo.

b/ Latossolo Vermelho Escuro textura média.

c/ Latossolo Vermelho Escuro.

Tabela 7A - Concentrações de Zinco, em ppm, em Função dos Solos, Doses de Fósforo e Zinco e Partes da Planta. (Média de 2 Repetições).

Partes da Planta	Sulfato de Zn kg/ha	LV ^{a/}			LEm ^{b/}			LE ^{c/}		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)		
		0	200	400	0	200	400	0	200	400
Hastes	0	40	21	23	34	13	16	42	17	18
	15	38	22	20	39	15	14	49	27	23
	30	48	25	20	44	14	18	55	26	24
Folhas Velhas	0	57	78	62	56	19	25	88	53	46
	15	110	69	84	104	30	38	102	102	74
	30	104	85	83	104	48	42	117	97	86
Folhas Novas	0	86	54	54	85	37	41	92	50	52
	15	84	75	67	95	57	48	106	72	64
	30	102	74	64	106	56	46	97	70	66

a/ Latossolo Vermelho Amarelo.

b/ Latossolo Vermelho Escuro textura média.

c/ Latossolo Vermelho Escuro.