

AMANTINO MARTINS NICOLI

**INFLUÊNCIA DE FONTES E NÍVEIS DE FOSFORO NO CRESCIMENTO E  
NUTRIÇÃO MINERAL DO LIMOEIRO 'CRAVO' (*Citrus limonia* OSBECK)  
EM VASOS, ATÉ A REPICAGEM.**

Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração, Fitotecnia, para obtenção do grau de 'MESTRE'.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 2



INFLUÊNCIA DE FONTES E NÍVEIS DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO  
MINERAL DO LIMOEIRO 'CRAVO' (*Citrus limonia* OSBECK) EM VASOS,  
ATÉ A REPICAGEM.

APROVADA :

*M. de Souza*

Prof. MAURÍCIO DE SOUZA  
Orientador

*Carlos Ramirez de J. Silva*  
Prof. CARLOS RAMIREZ DE REZENDE E SILVA

*Valdemar Faquin*  
Prof. VALDEMAR FAQUIN

À minha querida mãe com admiração e orgulho.

Ao meu laborioso pai como reconhecimento.

Aos meus irmãos como homenagem.

À minha esposa Mércia

pelo amor e carinho.

DEDICO

## BIOGRAFIA

AMANTINO MARTINS NICOLI, filho de Silvestre Nicoli e Oreny Martins Nicoli, nasceu no município de Ituêta, Estado de Minas Gerais, aos 25 dias do mês de maio de 1952.

Concluiu o curso de Mestre Agrícola no Ginásio Agrícola de Colatina - ES em 1971 e o curso de Técnico Agrícola no Colégio Agrícola de Brasília - DF em 1974.

Em 1975 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, graduando-se em Engenharia Agrônômica, em 1978.

Em 1979, foi admitido para fazer o curso de Pós-Graduação em Agronomia, concentração na área de Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, concluindo todos os créditos exigidos em 1980.

Tendo sido admitido pela Secretaria de Estado da Agricultura de Minas Gerais em 1981, onde presta serviços na área de inspeção de sementes e mudas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de auxílio a pesquisa, durante a realização do curso.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial ao Departamento de Agricultura, na pessoa do seu chefe o professor Hélio Corrêa, pela oportunidade concedida.

Ao professor Maurício de Souza, pela dedicada e eficiente orientação, bem como a amizade e incentivo na realização do curso, o meu mais profundo reconhecimento.

Ao Departamento de Ciências do Solo, na pessoa do seu chefe o professor, Victor Gonçalves Bahia, pela cessão de espaço na casa de vegetação e laboratório para análises do substrato.

Aos professores Thadeu de Pádua, Carlos Ramirez de Rezende e Silva, Magno Antônio Patto Ramalho e Janice Guedes de Carvalho pelas sugestões apresentadas.

Aos professores Paulo César Lima e José Victor da Silveira pela programação do computador.

Ao professor Luiz Henrique de Aquino pela ajuda na análise estatística.

Ao chefe do Instituto de Química 'John H. Weelock' da ESAL , professor Joaquim dos Santos Penoni, pela cessão do laboratório de análise foliar.

Aos colegas Eng<sup>o</sup> Agrônomos José Unaldo Barbosa Silva e esposa, Carlos Alberto Tucci e esposa, Joaquim Soares Sobrinho e esposa e Antenor Francisco de Figueiredo pela ajuda na condução do trabalho.

Aos acadêmicos Adenir José Nicoli, Joaquim Araújo Pena, Geneville Carife Bêrgano, João Dimas Garcia e José Luna Rondon e esposa, pelo companheirismo.

Aos Bibliotecários Maria Aparecida de Carvalho e Marília Ferreira de Carvalho da Biblioteca Central da ESAL pela colaboração nas correções bibliográficas.

Ao Eng<sup>o</sup> Agrônomo José Ricardo Machado de Carvalho, que através de sua interferência junto à FAEPE (Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão) conseguiu a impressão desta tese.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4.
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	18.
3.1. Material .....	19.
3.1.1. Substrato .....	19.
3.1.2. Planta .....	20.
3.1.3. Fertilizantes .....	20.
3.2. Métodos .....	21.
3.2.1. Delineamento experimental .....	21.
3.2.2. Instalação e condução do experimento .....	22.
3.2.3. Avaliações do experimento .....	24.
3.2.4. Análises estatísticas .....	25.
4. RESULTADOS .....	27.
4.1. Elementos químicos e pH determinados no substrato..	27.
4.1.1. Fósforo no substrato .....	27.
4.1.2. Potássio no substrato .....	30.
4.1.3. Cálcio mais magnésio no substrato .....	32.

4.1.4. Alumínio no substrato .....	34.
4.1.5. pH do substrato .....	36.
4.2. Nutrientes dos limoeiros 'Cravo' .....	38.
4.2.1. Nitrogênio na matéria seca .....	38.
4.2.2. Fósforo na matéria seca .....	41.
4.2.3. Potássio na matéria seca .....	44.
4.2.4. Cálcio na matéria seca .....	46.
4.2.5. Magnésio na matéria seca .....	48.
4.2.6. Enxofre na matéria seca .....	48.
4.2.7. Boro na matéria seca .....	49.
4.2.8. Cobre na matéria seca .....	52.
4.2.9. Manganês na matéria seca .....	52.
4.2.10 Zinco na matéria seca .....	54.
4.3. Crescimento dos limoeiros 'Cravo' .....	56.
4.3.1. Altura dos limoeiros aos três meses .....	59.
4.3.2. Altura dos limoeiros aos seis meses .....	59.
4.3.3. Comprimento das raízes dos limoeiros .....	61.
4.3.4. Peso da matéria seca de raízes dos limoeiros.....	63.
4.3.5. Peso da matéria seca da parte aérea dos limoeiros	64.
4.3.6. Peso da matéria seca total dos limoeiros.....	67.
5. DISCUSSÃO .....	69.
6. CONCLUSÕES .....	87.
7. RESUMO .....	90.
8. SUMMARY .....	93.
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96.

## LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Resultados da análise de alguns componentes físicos determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo'. Lavras, MG, 1979*.....	19.
2	Resultados da análise de alguns componentes químicos determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo'. Lavras, MG, 1979* .....	20.
3	Teor de P, Ca e Mg determinados nos fertilizantes utilizados no presente experimento, Lavras, MG, 1979*	21.
4	Resumo da análise de variância para alguns elementos e para os valores do pH determinados nos substratos adubados com diferentes fontes e níveis de P. As amostras para as análises foram coletadas seis meses pós-semeadura do limoeiro 'Cravo'. Lavras- MG, 1981 <sup>(1)</sup> .....	28.

## QUADRO

## Página

5	Valores médios por tratamento de alguns elementos e do pH determinados no substrato adubado com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> .....	29.
6	Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' colhidos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> ...	39.
7	Resumo das análises de variância para os teores de micronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' colhidos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> ...	40.
8	Teores médios por tratamento de macronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> .....	42.
9	Teores médios por tratamento de micronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> .....	51.
10	Resumo das análises de variância para as características de crescimento, avaliadas nos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> .....	58.

## QUADRO

Página

11	Valores médios por tratamentos das características de crescimento avaliadas nos limoeiros 'Cravo' colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, MG, 1981 <sup>(1)</sup> , .....	60.
----	--	-----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de P no substrato obtidos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. Lavras-MG, 1980 .....	31.
2	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de K no substrato, obtidos seis meses pós-semeadura do limoeiro 'Cravo'. Lavras-MG, 1980 .....	33.
3	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de Ca + Mg no substrato, obtidas seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. Lavras, MG, 1980.....	35.
4	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de Al no substrato, obtidos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. Lavras-MG, 1980 .....	37.

## FIGURA

5	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de N na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.....	43.
6	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de P na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	45.
7	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de Ca na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	47.
8	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de S na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	50.
9	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de Cu na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo' obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	53.
10	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de Mn na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo' obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	55.

## FIGURA

11	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e os teores de Zn na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo' obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	57.
12	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e altura dos limoeiros 'Cravo' obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras, MG , 1980 .....	62.
13	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e as quantidades de m.s. de raízes dos limoeiros 'Cravo' obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	65.
14	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e as quantidades de m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo' obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	66.
15	Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de $P_2O_5$ e as quantidades de m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980 .....	68.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo e o clima brasileiros são favoráveis a exploração dos citros. Tanto é que o Brasil ocupa o segundo lugar entre os países produtores de frutos cítricos, e o primeiro lugar entre os exportadores de suco concentrado congelado, além de possuir a maior população do gênero em todo o mundo, segundo dados da revista AGROPECUÁRIA (1).

A citricultura brasileira encontra-se em expansão, estimando-se de 5 a 10 milhões de plantas anualmente instaladas em novas áreas, segundo SALIBE (48). Essa expansão requer uso de técnicas e estudos especializados, principalmente no tocante à obtenção de mudas.

As mudas de citros são enxertadas e de acordo com CAMPOS(13), no Brasil, 97% delas têm o limoeiro 'Cravo' como porta enxerto. Tal porta-enxerto apresenta as vantagens de precocidade de crescimento, grande produção de sementes, tolerância à 'tristeza' e afinidade com as cultivares a serem desenvolvidas sobre os mesmos.

Na formação da muda cítrica, a primeira fase é a obtenção do

porta-enxerto. Inicialmente estes crescem na sementeira, sendo posteriormente repicados para o viveiro, onde são enxertados, perfazendo a fase final da formação da muda.

É interesse do produtor de mudas, obter plantas vigorosas e uniformes na sementeira e, para tanto, a adição de fertilizantes contribui significativamente. Entre os nutrientes que promovem efeito positivo no crescimento inicial do limoeiro 'Cravo', destaca-se o fósforo (P), segundo afirmativa de BLACK (10).

O fósforo pode ser fornecido através de diversas fontes, apresentando aquelas mais solúveis como o ácido fosfórico, que é totalmente solúvel em água, mostrando diferentes concentrações, de acordo com MALAVOLTA (34), embora este não seja usado comercialmente como fertilizante. O superfosfato simples e superfosfato triplo que têm respectivamente em torno de 20% e 40% de fósforo solúvel em água, são os comumente usados e com bons resultados para a maioria das culturas. Além destes, existem os fosfatos insolúveis em água, porém solúveis em ácido cítrico, denominados fosfatos naturais, como a apatita de Araxá com até 6% de solubilidade, segundo MALAVOLTA (35). Nesta categoria são enquadrados ainda os termofosfatos, hiperfosfatos, farinhas de ossos e outros fosfatos naturais.

Quanto ao fornecimento do fósforo às plantas, os níveis a serem aplicados ao solo para propiciar um desenvolvimento adequado, variam entre as espécies, local, estágio vegetativo e outros fatores que estão ligados à nutrição do vegetal, requerendo para tal, pesquisas que possam informar o uso mais racional e econômico dos fertilizantes.

Tendo em vista a necessidade de fósforo para as plantas e a disponibilidade de diferentes fontes deste nutriente, é que se executou este trabalho. Teve como objetivo principal, determinar o efeito de diversas fontes e níveis de fósforo no crescimento e na nutrição em macro e micronutrientes do limoeiro 'Cravo' até a repicagem. Como objetivo secundário, avaliou-se o efeito das fontes e níveis de fósforo nos teores de minerais determinados no substrato, bem como nos valores de pH do solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os vegetais superiores para desenvolverem necessitam de nutrientes essenciais à sua constituição e/ou ao seu metabolismo. Tais nutrientes são fornecidos através do ar, do solo e da água. A indisponibilidade, mesmo que seja de apenas um deles, causa distúrbios no vegetal, comprometendo seu desenvolvimento e com isso a sua produção.

Entre os nutrientes essenciais, encontra-se o P, que segundo HUME (27), desempenha importante função na fisiologia vegetal, concorrendo para a formação de carboidratos, gorduras e proteínas, tendo ainda, mencionado por SOUZA (55), participação na fotossíntese, respiração e degradação de açúcares. KAMPFER & UEXKULL (29) e MALA - VOLTA et alii (36) concordam em que o P tem papel fundamental no desdobramento da glicose, no armazenamento, transferência e utilização da energia para os processos vitais da planta, além de funções estruturais. É constituinte ainda de algumas núcleo-proteínas, encontradas em todas as células vegetais e, aparentemente, é necessário para que a divisão celular se realize.

De acordo com EPSTEIN (20) o P é absorvido pelas raízes , exercendo importante papel nos processos metabólicos da planta.

Segundo MALAVOLTA (33), a falta de P no solo, ou na adubação, reflete-se em primeiro lugar na redução das colheitas. Na planta ele estimula o crescimento das raízes, acelera o florescimento , apressa a maturação e contribui para a formação das sementes.

A distribuição de P na planta é muito variável em suas diferentes partes. RIVERO (45) menciona que 58% do P da planta cítrica encontram-se nas raízes, 28% no tronco e ramos, 9% nas folhas e brotos e o restante nos frutos. É de grande importância no sistema radicular, nos processos de formação, maturação e germinação das sementes, no retardamento da maturação dos frutos e baixo vingamento floral, segundo HUME (27), RIVERO (45), BUCKMAN & BRADY (12), MALAVOLTA et alii (36) e SALIBE (48).

A necessidade do P para a planta cítrica segundo SMITH & REUTHER (53) é maior durante o florescimento e a formação de ramos novos, verificando-se nestes estádios, migração do nutriente das folhas para estas partes.

As quantidades de P extraídas do substrato através das raízes e/ou absorvidas pelas folhas e incorporadas às plantas cítricas, em comparação com outros macronutrientes são pequenas. Considerando que os nutrientes N, P, K são os fornecidos em maior quantidade através das adubações , o P é absorvido numa proporção de 8 a 9 vezes menor que o K e 15 a 18 vezes menor que o N, como foi constatado por Cohen citado por SANTOS (50).

Entretanto, o P é aplicado ao solo em quantidades maiores

do que suas exigências, pois além de ser utilizado pelas plantas, parte desta parcela é convertida em formas não disponíveis, cujo montante varia com a espessura das partículas da fonte do nutriente, composição, textura e pH do solo, conforme BUCKMAN & BRADY (12) e MALAVOLTA et alii (36).

Considerando os vários fatores que atuam sobre o aproveitamento do P, trabalhos de Bobrov e Heck, citados por ARAÚJO et alii (4), MALAVOLTA et alii (36) e ROY et alii (47), mostraram que somente 10 a 30% dos fosfatos adicionados ao solo são aproveitados pelas plantas. As fixações e insolubilizações são responsáveis pelo baixo aproveitamento do P.

A capacidade do solo de fixar o P e o seu pH, segundo DYNIA (18), são as principais características que determinam a eficiência de um fosfato natural nele aplicado.

Em solos sob vegetação de cerrado o aproveitamento do P poderá ser ainda menor, pois tais solos apresentam teores elevados de Al e Fe, havendo então, segundo BUCKMAN & BRADY (12), a concorrência da fixação de P em formas de compostos de ferro e alumínio. A fixação do P é principalmente devida a elevada acidez do solo. Tal fixação do P provoca sua deficiência, sendo este fenômeno o principal responsável pelas características específicas apresentadas pelas plantas dessa vegetação, segundo ALVIM e ARAÚJO (2) e MENDES (38), além do elevado teor de  $Al^{+++}$  presente nestes solos. Por outro lado, em solos alcalinos e calcáreos, onde o aumento do pH diminui a solubilidade do P, esta fixação é devida a um grupo de compostos de fosfato de cálcio insolúveis. Estas afirmações são também citadas por OLSEN

et alii (41).

O P no solo, segundo SANCHEZ (49) pode ser encontrado sob diferentes formas. O fósforo total, sem importância agrícola, apresenta-se sob as formas de fosfatos de cálcio, fosfatos de alumínio e fosfatos de ferro. O fósforo orgânico, que é a principal fonte de P para as plantas desenvolverem sob uma agricultura sem fertilizantes químicos, apresenta-se ligado à matéria orgânica. O fósforo inorgânico, de pouca importância agronômica, apresenta-se no solo sob formas ativas e inativas, dependendo do estágio de intemperização química do mesmo.

O pH do solo apresenta controle da disponibilidade do P das diferentes formas, pois à medida que os solos tornam-se mais ácidos, a atividade do Fe e do Al aumenta e, as formas relativamente solúveis de fosfato de cálcio (Ca-P) são convertidas para formas insolúveis de fosfato de ferro (Fe-P) e fosfato de alumínio (Al-P), de acordo com SANCHEZ (49). Segundo FRANCO (21) e KORNDORFER (30) o pH do solo é um dos principais fatores que afetam a solubilização das rochas fosfatadas. Normalmente em solos com pH superior a 5,0 a solubilidade dos fosfatos naturais apatíticos reduz sensivelmente.

A disponibilidade de P para as plantas está diretamente ligada à concentração do mesmo na solução do solo e sua absorção é variável com a espécie de planta, estágio de crescimento, com a formulação do adubo e com a maneira de aplicação deste no solo, de acordo com OLSEN et alii (42). Mencionam ainda que, o P para ser absorvido pelo sistema radicular, precisa estar em contato com este, sendo a absorção feita quase totalmente através da difusão, embora

possa ocorrer em pequena proporção através da interceptação radicular e também pelo fluxo de massa, entretanto o P apresenta-se pouco móvel em solução.

No tocante à absorção de P para um máximo crescimento vegetal, foi observado também que as características físicas do solo, especialmente o grupo textural, influenciam os teores dos nutrientes nas plantas. De acordo com OLSEN & DEAN (40), para um mesmo nível de absorção pelas plantas, em solos argilosos, a quantidade de P a ser fornecida deve ser maior que a de solos de textura arenosa, isto devido a maior capacidade tampão ou fixação daqueles. WOODRUF & KAMPRATH (60) mostraram haver uma relação entre a textura do solo e a máxima absorção de P, necessitando 18, 104 e 342 ppm de P, para se obter a máxima absorção em solos com 2%, 7,5% e 38% de argila, respectivamente.

A absorção de P pelas plantas, segundo EPSTEIN (20), é feita principalmente na forma de ortofosfatos primários e secundários, ( $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ ), que estão presentes na solução do solo. Alguns fatores ligados ao solo podem interferir na absorção. Dentre os mais importantes podem ser mencionados a mineralogia da argila, o teor de argila, a presença de matéria orgânica, o nível de Al no solo, o teor de umidade do solo, o pH e a presença de outros nutrientes, como ocorre com o Mg.

O equilíbrio natural das formas de P no solo é alterado pela aplicação de nutrientes e conseqüentemente, varia a forma preferencial de absorção pelo vegetal, isto segundo Sing e Obsenshain, citados por FRANCO (21).

De acordo com MALAVOLTA (34) a absorção de P é fortemente influenciada pelo Mg segundo uma associação sinérgica. Menciona também que, altas concentrações de Ca, Cu e Fe numa condição de pH de acidez média, podem precipitar fosfatos inorgânicos nos vasos do xilema, prejudicando o transporte do P para a parte aérea.

Sabe-se que são inúmeras as fontes de adubos fosfatados à disposição da agricultura, capazes de aumentar o conteúdo de P na solução do solo e conseqüentemente sua disponibilidade às plantas, segundo KORNDORFER (30). As fontes diferenciam-se quanto à solubilidade em água, em fosfatos solúveis e fosfatos insolúveis. Os principais processos de obtenção dos fosfatos solúveis, são a acidificação de apatitas e a neutralização do ácido fosfórico.

Dentre os fosfatos solúveis, destacam-se o superfosfato simples, o superfosfato triplo, o fosfato de diamônio e o fosfato de monoamônio, que são solúveis em água. Representando o grupo dos insolúveis, destacam-se os termofosfatos e a farinha de osso, totalmente solúvel em ácido cítrico a 2% e os fosfatos naturais apatíticos e fosfatos de alumínio pouco solúvel, mesmo em ácido cítrico. Os fosfatos naturais apatíticos são minerais com altos teores totais de  $P_2O_5$ , passando apenas por processos simples de lavagens e moagens, embora ainda muito discutido.

A solubilidade dos fosfatos é assunto ainda hoje muito discutido, variando sempre os métodos de determinação da mesma, devido os resultados apresentarem em constantes mudanças, podendo um mesmo fosfato apresentar solubilidade diferente, dependendo do método empregado na sua determinação.

Os níveis de P presentes no solo, são determinados, usando - se soluções estratoras, que simulam a sua absorção pelas plantas , segundo Chandler citado por BIASI (8). Entretanto, um método para ser eficiente, deve atender a três critérios, segundo Bray, citado por SANCHES (49), os quais são :

a. deve extrair toda ou uma parte proporcional das formas disponíveis do nutriente, em solos com amplas diferenças em propriedades;

b. o método deve ser rápido e preciso;

c. as quantidades extraídas devem ser correlacionadas com o crescimento e resposta de cada cultura para o nutriente em estudo, sob várias condições.

As apatitas, segundo Howeler citado por FRANCO (21), são fosfatos de cálcio derivados de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. As de origem sedimentar são as mais importantes do ponto de vista comercial, pois apresentam estrutura mais fraca, sendo mais eficientes em fornecer P às plantas.

A apatita de Araxá tem o fósforo ( $P_2O_5$ ) insolúvel em água , porém parcialmente solúvel em solução de ácido cítrico, possuindo segundo a ANDA (6) um teor de 30% de  $P_2O_5$  total, do qual cerca de 6% é solúvel em ácido cítrico a 2%, além de elevado teor de cálcio, (Ca) e ainda magnésio (Mg), não mencionando os elementos sem importância agrícola.

O superfosfato simples, de acordo com BUCKMAN & BRADY (12) , contém 16 a 21% de  $P_2O_5$  solúvel em água, o qual é prontamente disponível. É obtido mediante tratamento do mineral fosfático bruto moído,

com quantidades apropriadas de ácido sulfúrico, que ataca o fosfato natural, convertendo parte de seu P para a forma primária de fosfato monocálcico  $|\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)|_2$ , embora permaneça certa quantidade na condição secundária fosfatobicálcico  $|\text{CaHPO}_4|$ . Além de P, o superfosfato simples contém em sua constituição cerca de 18% de Ca e 12% de S solúveis, que são essenciais às plantas.

O superfosfato triplo, segundo MALAVOLTA (33) é obtido extraíndo ácido fosfórico ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) do fosfato natural, e adicionando este a novas quantidades de fosfato natural. Contém 40 a 47% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  solúvel em água, sendo totalmente disponível às plantas. Sua principal diferença do superfosfato simples, é por ser constituído essencialmente do fosfato monocálcico, dando-lhe um teor mais elevado de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e ainda não conter gesso no produto final.

O ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), descrito por Pauling e citado por FRANCO (21), é uma substância estável, sem poder oxidante, sendo classificado como ácido fraco com propriedades para se condensar facilmente. Puro é uma substância cristalina, ao passo que o produto comercial é um líquido viscoso, resultante da dissolução do pentóxido de fósforo em água.

É frequente o rendimento das culturas nas quais se usam fosfatos naturais, ser menor do que o obtido quando se usam fosfatos solúveis, entretanto em condições favoráveis de solo, alguns fosfatos naturais poderão ter efeito igual ou mesmo superior aos fosfatos solúveis, segundo FRANCO (21) citando Bennett et alii e Goëpfert.

O P aplicado ao solo sob a forma de apatita, para tornar-se disponível às plantas, deve entrar em reação com os componentes áci-

dos do solo. Assim, a sua maior eficiência está relacionada com a área de contato com os componentes do solo. Portanto, o grau de moagem e porosidade das partículas são características físicas que afetam a solubilidade das apatitas no solo, levando a crer que, aumentando o grau de moagem e a porosidade, diminui o tamanho das partículas, conseqüentemente aumenta a área superficial das mesmas, de acordo com FRANCO (21) e KORNDORFER (30).

Segundo AMARAL (3), os fosfatos naturais são mais indicados para terrenos pobres em cálcio, onde o superfosfato poderia transformar-se em compostos de difícil utilização pelas plantas.

De acordo com EPSTEIN (21), o teor de P no solo necessário ao desenvolvimento das plantas terrestres, diminui constantemente, forçando o homem ao uso de fertilizantes fosfatados oriundos de rochas pouco solúveis, sendo convertido em P através de tratamentos com ácidos minerais, tornando-os em materiais mais solúveis. A sua indisponibilidade produz plantas de menor porte que o normal, e que, em condições severas de deficiências, nem chegam a crescer.

BUCKMAN & BRADY (12) e MALAVOLTA (34) mencionam que a deficiência de P poderá reduzir a absorção de outros nutrientes pelas plantas. Consideram ainda como problemas principais do P, a indisponibilidade do fosfato natural e a acentuada fixação dos fosfatos solúveis que são adicionados ao solo. A análise foliar de plantas cítricas carentes em P, apresenta acúmulo de N nas folhas. Nestas condições, conforme INFORMACION TÉCNICA (28), a determinação de N foliar torna-se inválida para recomendações de fertilização nitrogenada.

Segundo CHAPMAN & BROWN (15), doses excessivas de P reduzem

a eficiência da fertilização nitrogenada, tendo sido observado também por West e Grawford citados por FRANK & MARTIN (22). Ainda CHAPMAN & BROWN (15) mencionam que teores ótimos de P nas folhas estão associados com valores ótimos de Ca nas mesmas.

Apesar das inúmeras influências sofridas, CHAPMAN (14) menciona que os teores ótimos de nutrientes nos tecidos das plantas são os mesmos para todos os locais, o que varia é a habilidade dos vegetais em extrair os nutrientes do solo, dada as condições ecológicas a que as mesmas encontram-se submetidas.

GALLO et alii (23) verificaram em laranjeira 'Baianinha' que o teor de P decrescia no tecido da folha à medida que aumentava sua idade, o que deve estar ligado a uma migração do elemento para a nova brotação. Uma relação positiva e significativa foi obtida entre a aplicação de superfosfato no solo e teor de P nas folhas. Com o aumento da adubação fosfatada, aumentou o P e Ca nas folhas, no entanto reduziu os teores de N e K, o que também foi constatado por SOUZA (55).

RODRIGUEZ & GALLO (46), estudando a composição de nutrientes nas folhas de laranjeiras, encontraram que o conteúdo de P variou nas amostras de 0,089 a 0,138% e observaram no campo que as amostras, onde constataram os teores mais baixos de P, apresentavam plantas com sintomas de deficiência desse nutriente.

Com respeito às exigências nutricionais variáveis por espécie ou cultivares, SANTOS (50) trabalhando com cinco cultivares, encontrou variações nos constituintes minerais das citrinas das diferentes cultivares estudadas.

Para EMBLETON et alii (19), na Califórnia, o teor de P encontrado em pomares cítricos, variou de 0,120 a 0,160%, considerado como ótimo para essa cultura. Sintomas de deficiência de P em citros foram obtidos por CHAPMAN & RAYNER (16) em solução nutritiva usando 2,5 a 3,5 ppm de P, ao passo que a mesma quantidade no solo foi suficiente para seu desenvolvimento normal, o que leva a predizer que o contato solo-raiz é importante na nutrição de P pelos citros. Ainda CHAPMAN & RAYNER (16) não constataram diferenças entre plantas crescendo em solução nutritiva com 12-15 ppm de P, comparadas àquelas crescendo em solução com 175 ppm. Isto significa que mesmo esta menor dose, se em solução nutritiva, é suficiente para plantas de citros e que a maior dose não chega a causar problemas de toxidez para as mesmas.

YAMAMOTO & SAITO (61) trabalhando com diferentes suprimentos de nutrientes no crescimento de plântulas (*Citrus junos*, Tanaka) em cultura de areia, verificaram grande diferença entre as parcelas que receberam P. Em soluções nutritivas, sob condições de alto nível de P, aumentou notadamente o crescimento das plantas em relação àquelas sob condições de baixo nível de P. Verificaram ainda que nas séries de P em solução nutritiva, quando a concentração de P nas soluções era aumentada, os teores de P, Ca e Mg das folhas eram também aumentados, não ocorrendo o mesmo com o conteúdo de N e K nas folhas.

SOUZA (55) empregando superfosfato simples em citros como fonte de P, sob condições de campo, constatou redução no conteúdo de N e K na matéria seca das folhas e elevação do P e Ca, assim como aumento de  $Ca^{++}$  +  $Mg^{++}$  no solo e os valores de pH, quando doses cres

centes foram adicionadas ao solo. Ainda SOUZA (54) menciona que o P aplicado em solos com pH abaixo de 5,5 tem seus íons adsorvidos fortemente e também fixados sob formas insolúveis.

HASS & BRUSCA (25) determinaram em laranjeira 'Valência' cultivada em areia, que adubação pesada com P nas concentrações de 170 a 201 ppm pode provocar uma deficiência de Mg e que, também entre N e P existem certas relações, e estas interações variam com a idade da planta. Melhor crescimento e melhor utilização do P foi comprovado por BOUMA (11) em sementeira de laranjeira azeda, quando não foi colocado sulfato de amônio na mesma, aplicando somente o fosfato.

As recomendações para aplicação de P em sementeira de citros, são muito variáveis. SALIBE (48) recomenda 20 g de  $P_2O_5/m^2$  de canteiro, ou 100 g/ $m^2$  de superfosfato simples, em condições de campo, para um adequado desenvolvimento das mudas, enquanto AROEIRA (5) recomenda a incorporação de 50 a 100 g de superfosfato simples/ $m^2$  de sementeira.

Na Flórida, REUTHER et alii (44) recomendam para sementeira de citros, o uso de 112,5 a 280 g/ $m^2$  da fórmula 4-7-5 em intervalo de quatro semanas, quando as plantas estiveram com 2,5 a 4,0 cm de altura.

BINGHAM et alii (9) obtiveram para alguns solos da Califórnia, respostas positivas em plântulas de citros, com doses de 450 g de  $P_2O_5/m^2$ , aplicado na forma de superfosfato simples.

Com a aplicação de superfosfato em plântulas de laranjeira doce, Le ROUX (31) verificou que concentrações de fertilizantes fosfatados com 625 mg de fosfato monocálcico/100 g de solo eram tóxicas

para as mesmas, e que a toxidez de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  está associada à diminuição dos valores de pH e aumento rápido na concentração de fosfatos insolúveis de Fe e Al na solução do solo.

BINGHAM et alii (9), em estudo sobre o efeito de fertilização com P, sobre a nutrição de micronutrientes em citros, testou em casa de vegetação o fosfato monocálcio ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) em nove diferentes solos da Califórnia, nos níveis de 0; 76; 360; 900 e 1800 kg/ha usando vasos de aproximadamente 12 litros, por um período de seis meses. Concluíram que a aplicação de 900 kg/ha de fosfato, mostrou um desenvolvimento intenso das plântulas em quase todos os solos estudados. A maior dose de P causou um crescimento lento das plântulas na maioria dos solos, devido ter induzido deficiência de Cu. Foi constatado pela análise foliar, que dosagens crescentes de P, reduziram a absorção de K, B, Cu e Zn. A absorção de Ca, Fe e N não foi alterada, ao passo que a absorção de Mg elevou-se em 40 a 50% e a disponibilidade de Mn também aumentou com as doses mais altas de P.

A influência nos micronutrientes produzida por P foi também observada na Flórida, Washington e Austrália, segundo KAMPFER & UEXKULL (29). Ainda estes autores citando Bryan, mencionam que o Cu impede a absorção excessiva de N. Por outro lado o P dificulta o aproveitamento do Cu pelos citros. Excesso de P disponível no solo e pH elevado, limita a absorção de Zn.

FRANK & MARTIN (22) em estudo semelhante ao realizado por BINGHAM et alii (10), verificando o efeito do P sobre os micronutrientes em limoeiro 'Lisboa' e 'Eureka', realizado em casa de vegeta -

ção, conduzido em vasos com capacidade de 12 litros, utilizando o fosfato monocálcico nos níveis 0; 76; 360 e 900 kg/ha, concluíram que o Cu e Zn foram severamente afetados com o uso inadequado de P. Mencionam ainda que aplicações elevadas de P têm agravado também a nutrição de Fe, B e Mn das plantas cítricas.

Um trabalho relativo à nutrição de citros em sementeira foi desenvolvido por SILVA (52) com uso de superfosfato simples, ácido fosfórico, carbonato de cálcio e enxofre elementar. As fontes de P foram dosadas em 80; 160; 320 e 1280 g de  $P_2O_5/m^3$  de solo para o plantio de limoeiro 'Cravo' em vasos. Verificou-se seis meses pós-semeadura, que a maior dose de  $P_2O_5$  usada, promoveu maior altura às plantas, maior comprimento das raízes e maior peso da m.s. total. Verificou-se também, que, em doses iguais de  $P_2O_5$  os tratamentos com ácido fosfórico apresentaram maiores teores de P na m.s. das plantas. Os teores de N, B, Cu e Zn determinados na m.s. dos limoeiros, quando da maior dose de  $P_2O_5$  aplicada, foram menores que aqueles determinados no tratamento testemunha.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, município de Lavras, Estado de Minas Gerais, situada a  $21^{\circ}14'06''$  de latitude Sul e a  $45^{\circ}$  de longitude W.Gr., numa altitude de 918m.

Teve início em setembro de 1979, terminando em março de 1980, tempo suficiente para os porta-enxertos atingirem o ponto de repicagem.

A temperatura e a umidade do ar, no interior da casa de vegetação durante o período de condução do experimento foram tomadas três vezes por dia. As médias mensais de temperatura seca neste período variaram de  $25,8^{\circ}\text{C}$  em janeiro a  $27,3^{\circ}\text{C}$  em outubro, enquanto que as médias mensais para temperatura úmida variaram de  $20,7^{\circ}\text{C}$  em outubro a  $22,4^{\circ}\text{C}$  em dezembro. Com respeito a umidade relativa do ar, suas médias variaram de 53% em outubro a 68% em janeiro.

## 3.1. Material

## 3.1.1. Substrato

Foram coletadas duas camadas correspondentes ao horizonte A de um solo ainda não cultivado anteriormente e sob vegetação de mata, o qual segundo BAHIA (7), é classificado como um Latossolo Roxo-Distrófico. A primeira camada foi retirada de 0 a 15 cm, e uma segunda de 15 a 30 cm de profundidade. Foram retiradas amostras representativas das referidas camadas, procedendo-se análises e determinações cujos resultados estão apresentados nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Resultados da análise de alguns componentes físicos determinados na amostra de material superficial do solo usado como substrato para o limoeiro 'Cravo'. Lavras, MG, 1979\*.

Profundidade -cm-	Areia -%-	Argila -%-	Silte -%-	Porosidade -%-	Dens.Part. -g/cm <sup>3</sup> -	Dens.Solo -g/cm <sup>3</sup> -	Classe Text.
0 - 15	13,75	75,0	11,25	67,0	2,75	0,90	Argila
15 - 30	12,52	76,0	11,48	65,5	2,84	1,03	Argila

\* Análises realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

QUADRO 2 - Resultados da análise de alguns componentes químicos de -  
terminados na amostra de material superficial do solo usa  
do como substrato para o limoeiro 'Cravo'. Lavras, MG ,  
1979\*.

Profundidade -cm-	P -ppm-	K -ppm-	Ca+Mg -mE/100cc-	Al -mE/100cc-	C -%-	M.O. -%-	pH 1:2,5 água
0 - 15	1 B	17 B	0,3 B	1,3 A	2,8	4,6	4,7 AcE
15 - 30	1 B	12 B	0,2 B	0,8 M	2,7	4,4	5,1 AcM

\* Análises realizadas pelo Laboratório do Instituto de Química "John H. Weelock" do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

A, B, M, AcE e AcM indicam, alto, baixo e médio teor, acidez elevada e média ,  
respectivamente.

### 3.1.2. Planta

Utilizou-se no experimento sementes de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), obtidos de frutos maduros oriundos de uma única planta cultivada no pomar da ESAL.

### 3.1.3. Fertilizantes

As fontes de fósforo utilizadas foram o ácido fosfórico (AF), o superfosfato simples (SS), o superfosfato triplo (ST) e apatita de Araxá (AA). Os resultados da análise química dos fertilizantes estão apresentados no Quadro 3. A percentagem de fósforo determinada no SS e ST foi solúvel em água, enquanto que a percentagem na AA, foi solúvel em ácido cítrico a 2%.

QUADRO 3 - Teor de P, Ca e Mg determinados nos fertilizantes utilizados no presente experimento, Lavras, MG, 1979\*.

Fertilizantes	Componentes			Solúvel em :
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -%-	CaO -%-	MgO -%-	
Ácido fosfórico	64,00	-	-	-
Superfosfato simples	19,49	5,60	-	água
Superfosfato triplo	38,75	-	-	água
Apatita de Araxá	3,94	25,79	5,24	ác.cítrico 2%

\* Análises realizadas pelo Laboratório do Instituto de Química "John H. Weelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 17 tratamentos em seis repetições, perfazendo um total de 102 parcelas.

Os tratamentos foram os seguintes :

1 - SS <sub>1</sub>	8 - AF <sub>16</sub>	15 - AA <sub>4</sub>
2 - SS <sub>2</sub>	9 - ST <sub>1</sub>	16 - AA <sub>16</sub>
3 - SS <sub>4</sub>	10 - ST <sub>2</sub>	17 - Testemunha (T)
4 - SS <sub>16</sub>	11 - ST <sub>4</sub>	
5 - AF <sub>1</sub>	12 - ST <sub>16</sub>	
6 - AF <sub>2</sub>	13 - AA <sub>1</sub>	
7 - AF <sub>4</sub>	14 - AA <sub>2</sub>	

Os Índices 1, 2, 4 e 16 referem-se a 80, 160, 320 e 1280 g de  $P_2O_5/m^3$  do substrato, compondo os níveis de fósforo usados, enquanto que o tratamento T não recebeu nenhum nível de fósforo.

As parcelas foram compostas por dois vasos em cada tratamento, sendo conduzidas três plantas por vaso.

### 3.2.2. Instalação e condução do experimento

O material das camadas superficiais, de 0-15 cm e 15-30cm do solo, foram peneiradas separadamente e receberam tratamento com brometo de metila a  $400\text{ cc}/m^3$ , por um período de 48 horas.

Os vasos utilizados foram confeccionados com uso de duas latas de óleo lubrificante. Retirou-se o fundo de uma delas, unindo-as por intermédio de uma fita adesiva. Cada vaso ficou com cerca de 30cm de altura e 10 cm de diâmetro. A parede interna de cada um foi revestida por um saco de polietileno de diâmetro semelhante ao do vaso, metodologia idêntica àquela usada por MELO (37). O saco não continha perfurações, evitando perda de nutrientes e auxiliando no controle à irrigação (a).

O enchimento dos vasos foi realizado de maneira tal que a metade inferior dos mesmos ficasse ocupada pelo material do solo, proveniente da camada de 15-30 cm de profundidade e, sobre esta foi colocado o material do solo da camada de 0-15 cm de profundidade, assemelhando-se à condição natural do campo.

Antes de serem colocados nos vasos, os substratos receberam os fertilizantes previamente pesados, de acordo com os tratamentos,

(a) Instrução obtida do professor Magno Antônio Patto Ramalho do Departamento de Biologia da ESAL.

sendo metade da quantidade de cada tratamento aplicada no material da camada de 0-15 cm, e a outra aplicada no material da camada de 15-30 cm.

A homogeneização, à nível de parcela, da mistura do substrato com o fertilizante para cada camada, foi feita em saco de polietileno.

A aplicação do ácido fosfórico foi realizada de acordo com metodologia citada por FRANCO (21), sendo o ácido diluído em água na proporção de 1:100, dividindo a dosagem em duas partes iguais e cada parte aplicada sobre o solo de cada camada no interior do vaso.

As doses dos fertilizantes compondo os níveis de  $P_2O_5$  nos tratamentos, foram baseadas naquelas recomendadas por SALIBE (48) e pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17).

\* Depois de cheios, os vasos pesaram individualmente 2,6 Kg. Foram levados para o interior da casa de vegetação e distribuídos ao acaso sobre um estrado de madeira a 1,20 m do piso de acordo com o delineamento, seguindo-se a tabela aleatória de SPIEGEL (56).

Os vasos, depois de receberem água para completar 60% da porosidade ocupada por esta, passaram por um período de incubação de 10 dias, após o que realizou-se a semeadura, colocando-se oito sementes por vaso a uma profundidade de 2 cm. As sementes foram previamente selecionadas por tamanho e tratadas com PCNB (penta-cloro-nitro-benzeno) a 0,06%, numa razão de 2 g/Kg de semente.

As irrigações foram realizadas diariamente, procurando-se manter 60% da porosidade total do solo ocupada por água. O volume total de poros do solo foi estimado segundo GROHMANN (24). Para este procedimento, amostras dos vasos eram pesadas em dias alternados

e completando-se seus pesos com água destilada, até atingirem 3,25kg aproximadamente, o necessário para manter aquele volume de poros ocupado com água.

Passados 40 dias pós-semeadura, quando se verificou toda germinação, efetuou-se o desbaste das mudas, deixando-se por vaso três plantas de tamanho uniforme, sendo retiradas aquelas de menor vigor.

Após o desbaste, mensalmente foram aplicados em todos os vasos 25 cm<sup>3</sup> de uma solução 0,2% de nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>). Aos quatro meses pós-semeadura foram aplicadas também 4 cm<sup>3</sup> por vaso da solução de HOAGLAND & ARNON (26) a 50%, como fornecedora de micronutrientes.

### 3.2.3. Avaliações do experimento

As alturas das plantas foram tomadas aos três e seis meses pós-semeadura com uso de régua milimetrada, a partir do colmo da planta até a gema apical. As contagens das folhas também foram realizadas nestas épocas.

Aos seis meses pós-semeadura, as plantas foram retiradas dos vasos, coletando-se a amostra do solo a nível de parcela, para determinações do fósforo (P), potássio (K), cálcio + magnésio (Ca + Mg), alumínio (Al) e pH do solo, usando metodologia descrita por VETTORI (59). Os sacos de polietileno contendo o substrato, foram retirados dos vasos e cortados lateralmente, e a seguir retiradas as amostras, no sentido longitudinal, as quais foram levadas separadamente para o laboratório, onde procedeu-se as análises químicas.

Separou-se a parte aérea do sistema radicular na altura das marcas de inserção dos cotilédones, usando para isso uma tesoura de poda. Foram feitas a seguir, as medidas de comprimento das raízes a nível de parcela. Depois de lavadas em água destilada, as plantas de cada parcela foram colocadas separadamente em sacos de papel e secas à estufa a 70°C até atingir peso constante. Foram tomados os pesos de matéria seca das raízes e parte aérea separadamente, por parcela, trituradas e a seguir foram colocadas em vidros e etiquetadas.

Para as análises químicas o material resultante da parte aérea e do sistema radicular foi juntado, pelo fato de não fornecerem separadamente quantidade suficiente para as determinações. Estas foram realizadas no laboratório de análise foliar do Departamento de Química da ESAL. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl; o P por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio; o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Cu, Mn e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, segundo técnica descrita por SARRUGE & HAAG (51); o B por colorimetria com curcumina conforme LOTT et alii (32) e o S determinado por metodologia descrita por STWART & PORTER (58). As determinações dos macronutrientes foram em %, enquanto que as dos micronutrientes foram em ppm.

Todos os dados analisados representavam os valores médios obtidos de seis plantas.

#### 3.2.4. Análises estatísticas

As análises empregadas para avaliação dos resultados, foram baseadas em modelos apropriados para o delineamento utilizado e des-

critico por PIMENTEL GOMES (43) e STEEL & TORRIE (57).

Todos os dados coletados do experimento, foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Procedendo-se também à análise de regressão entre os níveis de P aplicados ao solo e os teores de P, K, Ca + Mg e Al determinados no substrato e com os teores de N, P, Ca, S, Cu, Mn e Zn determinados na matéria seca, (m.s.) e ainda com altura das plantas aos seis meses, peso da matéria seca de raízes, parte aérea e peso total do limoeiro 'Cravo'. As demais características avaliadas e não mencionadas na análise de regressão, não foram significativas pelo teste t.

As equações de regressão foram selecionadas, baseando-se na significância de seus coeficientes, pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de altura de plantas e comprimento de raízes, para serem analisados, sofreram transformação para  $\sqrt{x + 1}$ .



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Elementos químicos e pH determinados no substrato

Os resumos das análises de variância apresentados no Quadro 4, mostram efeitos altamente significativos dos tratamentos para os teores de P,  $K^+$ ,  $Ca^{++} + Mg^{++}$ ,  $Al^{+++}$ , assim como para os valores de pH determinados nas amostras do substrato.

Com exceção do P e  $Ca^{++} + Mg^{++}$  que não deram efeito significativo para blocos, as demais características do substrato avaliadas, tiveram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade.

No Quadro 4 são apresentados também os respectivos coeficientes de variações, que variam de 2,36% para pH a 43,08% para o P.

#### 4.1.1. Fósforo no substrato

No Quadro 5 são apresentadas as médias dos tratamentos para todos os elementos determinados nas amostras dos substratos, apresentando diferença significativa entre si, pelo teste Tukey, ao nível 5%

QUADRO 4 - Resumo da análise de variância para alguns elementos e para os valores do pH determinados nos substratos adubados com diferentes fontes e níveis de P. As amostras para as análises foram coletadas seis meses pós-semeadura do limoeiro 'Cravo! Lavras-MG, 1981<sup>(1)</sup>

Causas de variações	G.L.	Quadrados Médios				
		P ppm	K ppm	Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup> mE/100cc	Al <sup>+++</sup> mE/100cc	pH 1:2,5 Água
Blocos	5	2 306,6686	594,6921**	0,0350	0,0187*	0,0880*
Tratamentos	16	135 927,2929**	315,8333**	8,4077**	0,3441**	0,3328**
Resíduos	80	1 973,5561	61,9671	0,0235	0,0074	0,0230
C.V.%	-	43,08	15,09	11,56	11,49	2,36

\*,\*\*, Indicam efeitos significativos pelo teste F aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

(1) Dados médios obtidos de seis repetições.

QUADRO 5 - Valores médios por tratamento de alguns elementos e do pH determinados no substrato adubado com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	P ppm	K ppm	Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup> mE/100cc de solo	Al <sup>+++</sup> mE/100cc de solo	pH(1:2,5) Água
SS <sub>1</sub>	3,33	56,83	0,80	0,90	4,25
SS <sub>2</sub>	4,33	51,00	0,96	0,91	4,31
SS <sub>4</sub>	12,00	54,00	1,65	0,78	4,43
SS <sub>16</sub>	54,33	47,33	5,20	0,38	4,65
AF <sub>1</sub>	18,33	61,66	0,55	0,81	4,67
AF <sub>2</sub>	25,66	56,83	0,50	0,83	4,60
AF <sub>4</sub>	65,16	55,33	0,58	0,88	4,68
AF <sub>16</sub>	406,66	42,66	0,48	0,90	4,78
ST <sub>1</sub>	9,66	58,33	0,58	0,95	4,25
ST <sub>2</sub>	24,33	56,16	0,70	1,01	4,15
ST <sub>4</sub>	16,50	51,66	0,75	1,00	4,20
ST <sub>16</sub>	155,00	38,16	1,66	0,51	4,71
AA <sub>1</sub>	28,16	52,33	1,23	0,75	4,33
AA <sub>2</sub>	173,33	48,66	1,61	0,53	4,55
AA <sub>4</sub>	233,33	55,33	1,98	0,46	4,65
AA <sub>16</sub>	506,66	38,00	2,70	0,20	4,98
T	4,00	62,50	0,58	0,90	4,46
DMS(Tukey 5%)	91,95	16,29	0,31	0,17	0,31

(1) Médias obtidas de seis repetições.

de probabilidade.

Dentre as fontes de P utilizadas, a AA foi a que maiores teores do nutriente apresentou no substrato, quando fazendo comparações entre os níveis das demais fontes. Os menores teores foram determinados usando o SS.

O tratamento que apresentou maior teor de P no substrato foi a AA no maior nível. Por sua vez o tratamento com o maior nível de AF, apesar de ser significativamente menor ao tratamento anteriormente mencionado, apresentou também alto teor de P, com diferença significativa quando comparado aos outros tratamentos. O tratamento com maior nível de ST teve teor de P igual aos dois tratamentos com níveis intermediários de AA. Estes tratamentos tiveram maiores teores de P do que os demais não referidos, que não diferiram da testemunha pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As equações de regressão para os teores de P determinados no substrato, em relação às diferentes fontes e níveis de  $P_2O_5$  aplicados estão na Figura 1. Para o ST e AF, foram calculadas equações de regressão do tipo quadrática, sendo que no caso do ST a curva passa por um ponto de mínimo em um nível de  $-150$  g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, enquanto que, para o caso de AF a curva passa pelo ponto de mínimo de  $-535$  g de  $P_2O_5/m^3$ , pontos estes fora do intervalo de estudo. As fontes SS e AA são melhores representadas por equações lineares.

#### 4.1.2. Potássio no substrato

Para os teores de K no substrato, não houve diferença significativa entre as fontes de P usadas, quando comparando um mesmo ní -

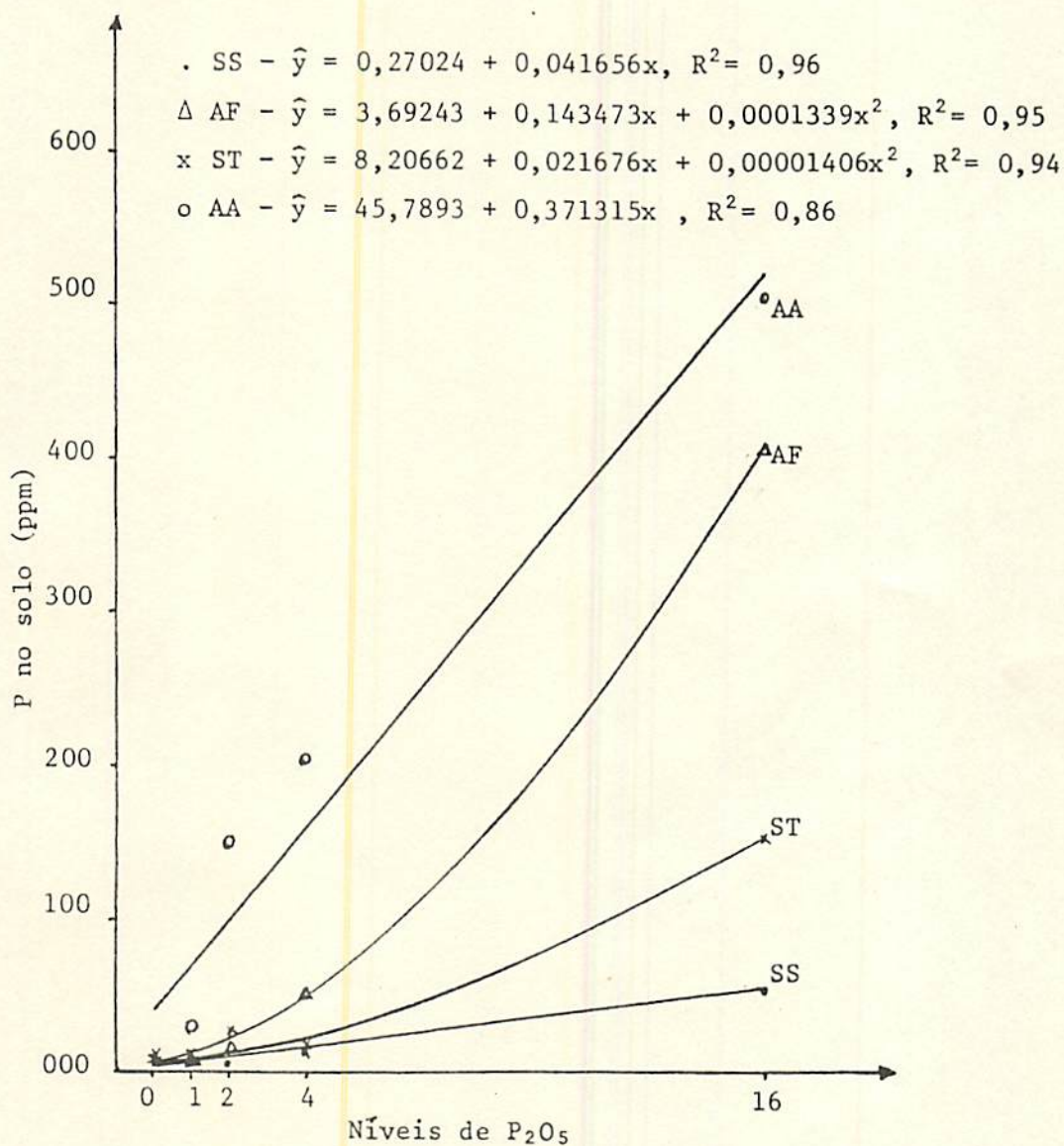


FIGURA 1 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de P no substrato obtidos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. Lavras-MG, 1980.

vel, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias por tratamento referentes ao teor de K no substrato, encontram-se no Quadro 5. No tratamento testemunha, é onde maior teor de K foi determinado, apesar de não apresentar diferença significativa comparado aos tratamentos adubados com os três menores níveis de P para todas as fontes, incluindo ainda o maior nível de SS. Os teores mais baixos de K no substrato foram determinados pelas análises, nos tratamentos AA e ST no maior nível aplicado. Foi observado nestes casos que à medida que se aumentou a aplicação de P no substrato, houve uma redução no teor de K no mesmo.

As equações de regressão para os teores de K no substrato, relacionadas a todas as fontes e níveis de P utilizadas, foram lineares e negativas, como podem ser vistas na Figura 2.

#### 4.1.3. Cálcio mais Magnésio no substrato

As médias por tratamento dos teores de  $Ca^{++} + Mg^{++}$ , apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 5.

Todos os tratamentos adubados com AA apresentam teores maiores que a testemunha e com diferença significativa. O teor de  $Ca^{++} + Mg^{++}$  determinado no substrato com o tratamento SS no maior nível, foi maior do que todos os demais. O tratamento com AA no nível maior, apesar de ter apresentado um teor significativamente me-

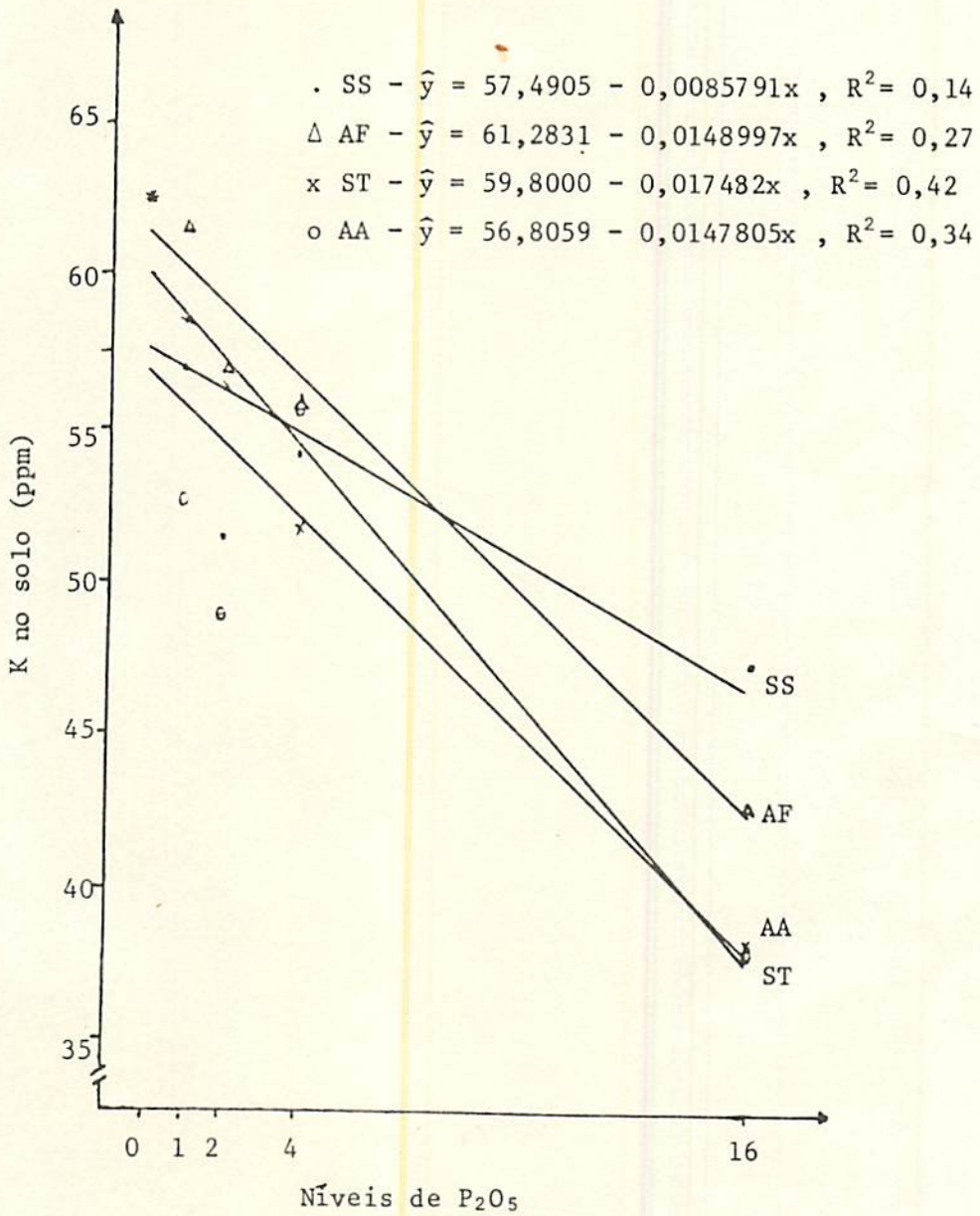


FIGURA 2 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de K no substrato, obtidos seis meses pós-semeadura do limoeiro 'Cravo'. Lavras-MG, 1980.

nor ao apresentado pelo SS em igual nível, foi maior e com diferença significativa a todos os outros. Os tratamentos com AF não mostraram teores maiores que a testemunha em nenhum nível, embora sem diferença significativa quando comparados a este pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi calculada uma equação de regressão do tipo quadrática para os teores de  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$  no substrato com relação aos níveis de AA, tendo um ponto de máximo de 1 260 g de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$  de solo. Para as demais fontes encontrou-se uma equação de regressão linear, com exceção do AF que não mostrou significância pelo teste t. As referidas equações estão representadas na Figura 3.

#### 4.1.4. Alumínio no substrato

As médias por tratamento dos teores de  $\text{Al}^{+++}$ , apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 5.

Entre as fontes de P utilizadas nos tratamentos, a AA foi a que menor teor de  $\text{Al}^{+++}$  no substrato apresentou. Os tratamentos com AF, em relação aos das outras fontes, foram os que menos interferiram no teor de  $\text{Al}^{+++}$  do substrato.

O menor teor deste no substrato, foi determinado quando se usou o nível maior de AA, com diferença significativa comparado aos demais. Em seguida os menores teores de  $\text{Al}^{+++}$  foram determinados nos tratamentos SS e ST no maior nível e AA nos dois níveis intermediários, que deram resultados iguais entre si pelo teste Tukey a 5%

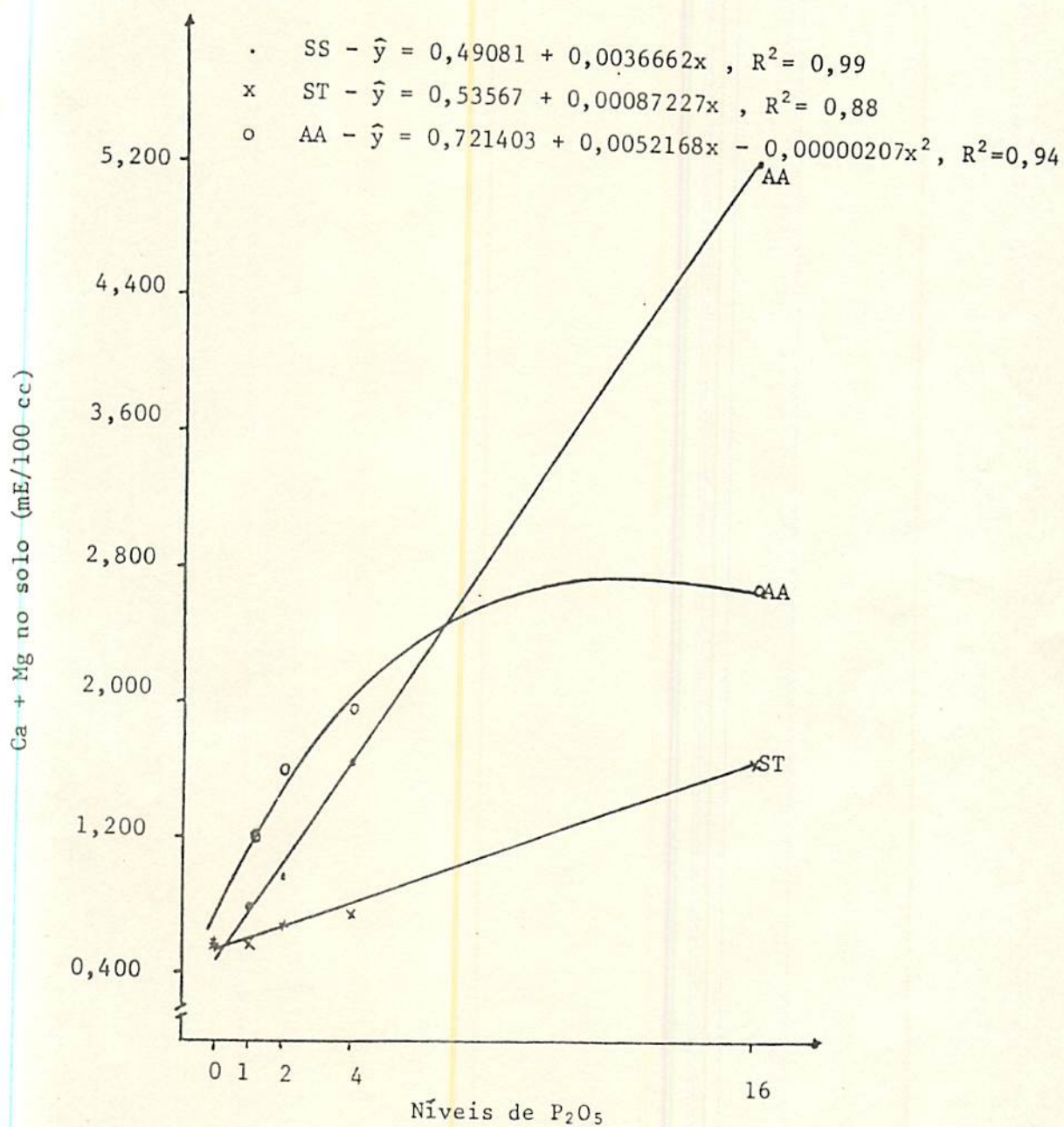


FIGURA 3 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de Ca + Mg no substrato, obtidas seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. Lavras, MG, 1980.

de probabilidade. Os teores médios mais elevados de  $Al^{+++}$  no substrato foram constatados com os tratamentos que receberam os três níveis mais baixos de ST, sem apresentar diferença significativa com a testemunha.

As equações de regressão para os teores de  $Al^{+++}$  determinados no substrato, em relação aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados foram quadráticas para o ST e AA, passando a curva do ST por um ponto de máximo de 410 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, enquanto que no caso da AA, a curva passa por um ponto de mínimo de 920 g. Com relação ao SS, este é melhor representado por uma equação linear. As equações estão apresentadas na Figura 4, com exceção de AF que não foi significativo pelo teste t.

#### 4.1.5. pH do substrato

As médias por tratamentos dos valores de pH, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 5.

Os valores médios de pH determinados no substrato para todos os tratamentos, mostraram que o maior valor foi calculado com o tratamento AA no maior nível, apesar de não ter diferença significativa comparado aos tratamentos AF e ST no maior nível, além de AF no maior nível intermediário. Valores mais baixos de pH foram verificados nos três substratos tratados com o ST em seus níveis mais baixos, que não mostraram diferença significativa comparados à testemunha, de acordo com o Quadro 5.

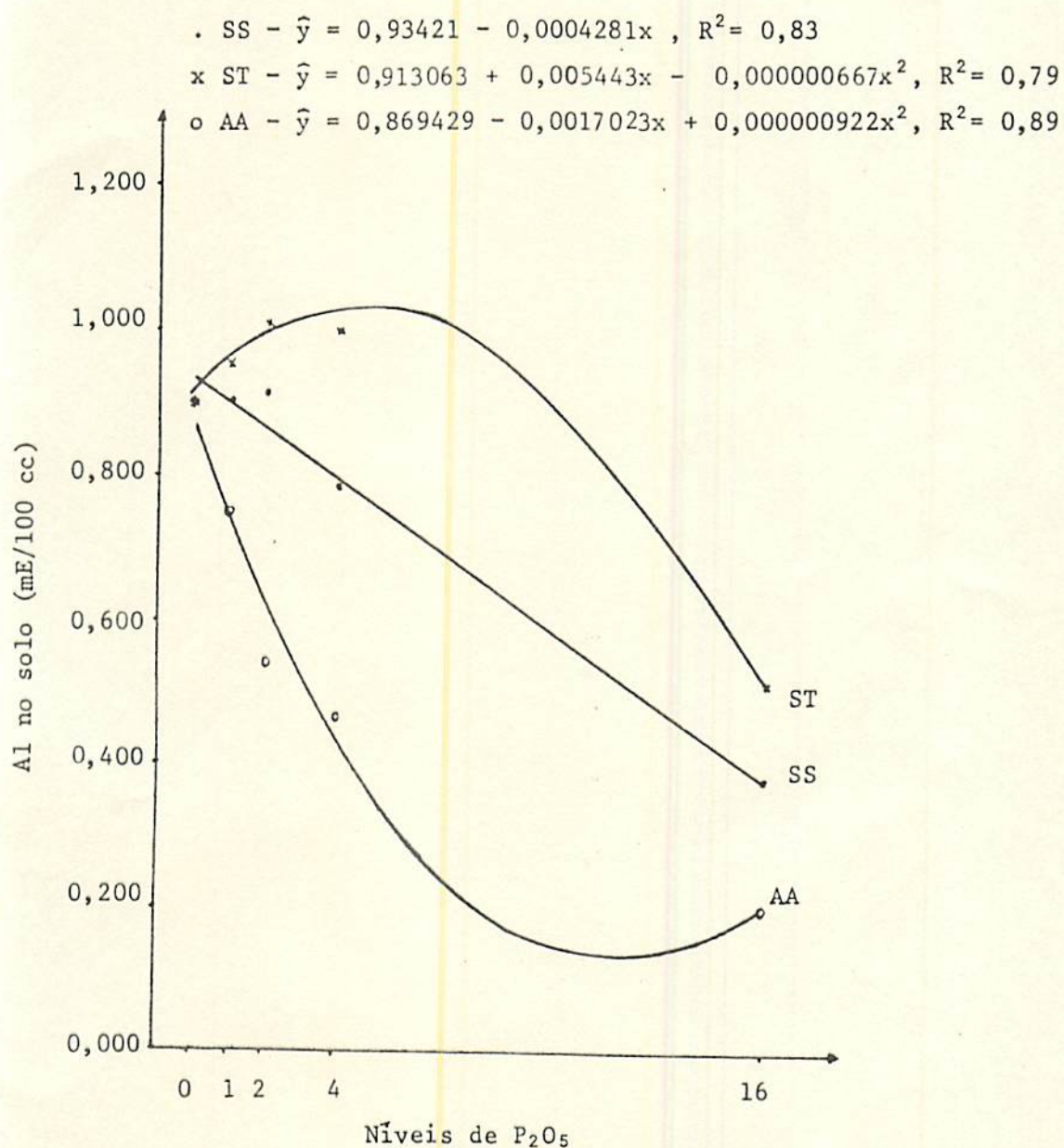


FIGURA 4 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e os teores de Al no substrato, obtidos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. Lavras-MG, 1980.

#### 4.2. Nutrientes dos limoeiros 'Cravo'

Nos Quadros 6 e 7 estão apresentados os resumos das análises de variância referentes aos teores de macro e micronutrientes respectivamente determinados, nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P, assim como os coeficientes de variação correspondentes.

O teste F aplicado para blocos, não deu efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade apenas para o  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  dentre os macronutrientes, como pode ser visto no Quadro 6. Para tratamentos, com excessão do  $\text{K}^+$  que foi significativo ao nível de 5%, todos os demais macronutrientes apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade. No Quadro 6 encontram-se ainda os coeficientes de variação para os macronutrientes que variam de 7,96% para o N a 28,35% para o Ca.

Dos micronutrientes analisados observa-se no Quadro 7, que o Zn não mostrou efeito significativo para blocos a 5%, enquanto que os demais deram efeito significativo a 1% de probabilidade, quando aplicado o teste F. Para tratamentos, foi detectado efeito significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. No Quadro 7 encontram-se ainda os coeficientes de variação para os micronutrientes estudados que variam de 9,02% para o B a 16,32% para o Cu.

##### 4.2.1. Nitrogênio na matéria seca

Os teores médios de N determinados na m.s. dos limoeiros 'Cravo', apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas

QUADRO 6 - Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981 (1).

Causas de Variações	G.L.	Quadrados médios (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	5	0,3562*	0,000170*	0,8745**	0,0102	0,000169	0,002927**
Tratamentos	16	1,9800**	0,003576**	0,1753*	0,2473**	0,001059**	0,010200**
Resíduos	80	0,1087	0,000063	0,0768	0,0180	0,000164	0,000340
C.V.%		7,96	13,91	26,68	28,35	14,38	19,35

\*,\*\* Indicam efeito significativo pelo teste F aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

(1) Quadrados médios obtidos de médias de seis limoeiros por parcela em seis repetições.

QUADRO 7 - Resumo das análises de variância para os teores de micronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981<sup>(1)</sup>.

Causas de variações	G.L.	Quadrados Médios (ppm)			
		B	Cu	Mn	Zn
Blocos	5	35,7929**	7,1215**	6265,47**	14,5288
Tratamentos	16	169,6301**	4,5049**	45506,05**	73,7190**
Resíduo	80	9,3377	1,3799	980,17	8,5037
C.V.%		9,02	16,32	15,45	14,90

\*\* Indica efeito significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

(1) Quadrados médios obtidos de médias de seis limoeiros por parcela em seis repetições.

entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme o Quadro 8.

Maiores teores de N determinados na m.s. foram constatados nos tratamentos que receberam até o segundo nível de adubação de todas as fontes, excetuando a AA, não apresentando porém, diferença significativa com o tratamento testemunha. Os teores mais baixos de N foram determinados nos tratamentos ST, AA e SS no maior nível, além de AA no maior nível intermediário, que não tiveram diferença significativa entre suas médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O cálculo da análise de regressão entre os teores de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' e os níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato, mostrou que para o SS e ST uma equação linear melhor se ajusta aos dados.

Para o AF e AA foi calculado uma equação de tipo quadrático com pontos de mínimo de 787 e 870 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, respectivamente. As equações de regressão são apresentadas na Figura 5.

#### 4.2.2. Fósforo na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de P, apresentou diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 8.

Das fontes de P usadas na adubação do substrato, com exceção do AF que mostrou um teor mais elevado do nutriente determinado na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', as demais fontes praticamente tiveram o mesmo comportamento, com relação à presença do P, embora

QUADRO 8 - Teores médios por tratamento de macronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981 <sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Macronutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
SS <sub>1</sub>	4,608	0,039	1,028	0,425	0,084	0,126
SS <sub>2</sub>	4,983	0,042	1,121	0,511	0,084	0,135
SS <sub>4</sub>	4,418	0,048	1,040	0,579	0,098	0,143
SS <sub>16</sub>	3,551	0,051	0,858	0,693	0,106	0,217
AF <sub>1</sub>	4,561	0,052	0,880	0,252	0,086	0,069
AF <sub>2</sub>	4,591	0,071	1,123	0,266	0,091	0,079
AF <sub>3</sub>	3,955	0,084	1,025	0,230	0,098	0,074
AF <sub>16</sub>	4,076	0,141	1,435	0,370	0,125	0,074
ST <sub>1</sub>	4,385	0,047	0,717	0,318	0,091	0,071
ST <sub>2</sub>	4,335	0,047	0,873	0,343	0,081	0,053
ST <sub>4</sub>	4,096	0,052	0,913	0,417	0,083	0,061
ST <sub>16</sub>	2,926	0,044	0,936	0,607	0,084	0,077
AA <sub>1</sub>	4,050	0,044	1,201	0,483	0,075	0,082
AA <sub>2</sub>	4,156	0,044	1,120	0,656	0,074	0,096
AA <sub>4</sub>	3,590	0,061	1,143	0,756	0,077	0,097
AA <sub>16</sub>	3,166	0,054	1,258	0,921	0,074	0,108
T	4,961	0,048	0,741	0,230	0,099	0,057
DMS (Tukey 5%)	0,682	0,016	0,573	0,278	0,026	0,038

(1) Médias obtidas de seis repetições.

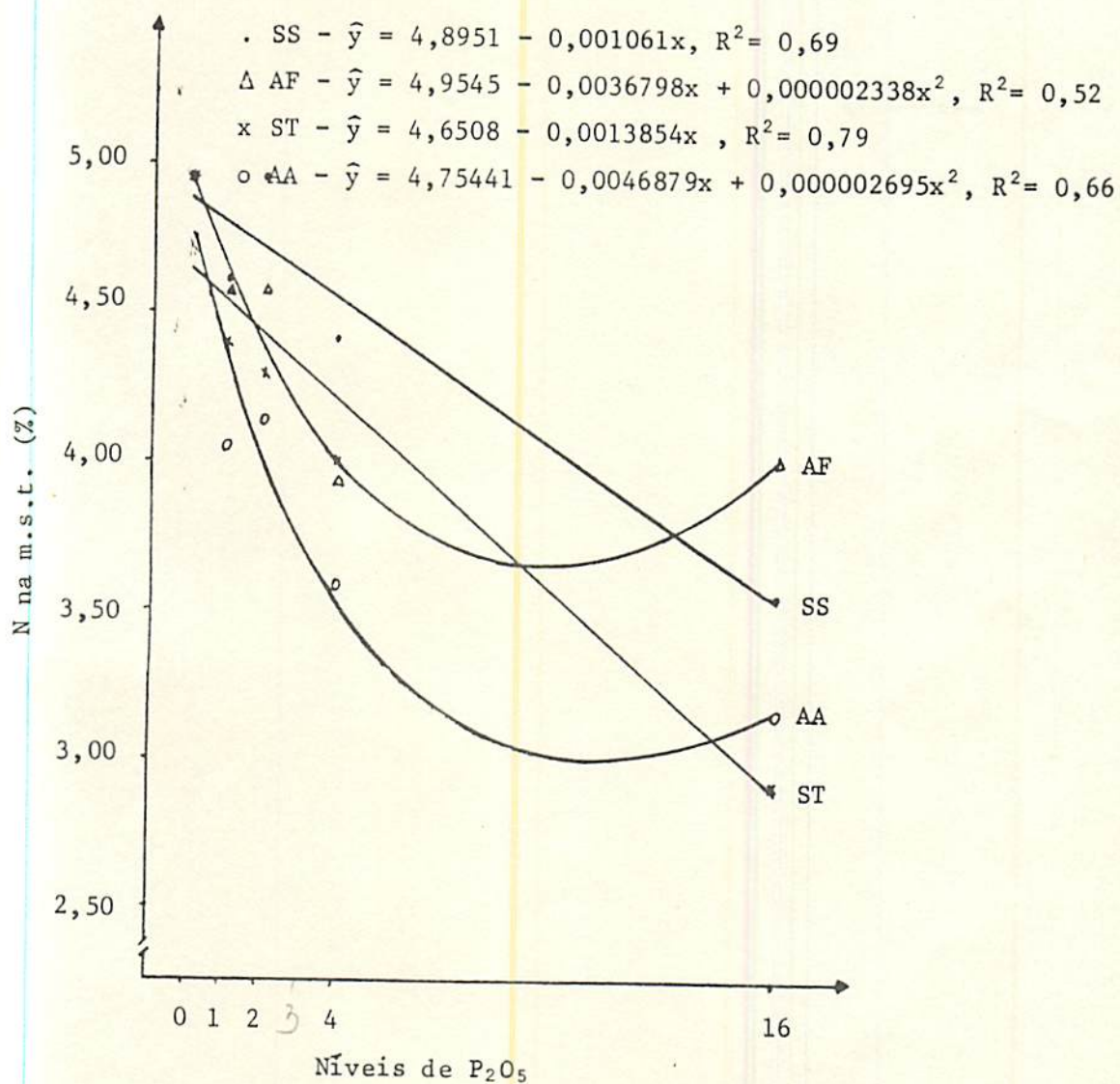


FIGURA 5 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de N na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras - MG, 1980.

apresente diferenças significativas entre suas médias.

O tratamento que apresentou maior teor de P no limoeiro 'Cravo', foi o nível maior de AF. Nos limoeiros tratados com AF nos dois níveis intermediários, também foram determinados valores elevados de P, muito embora não apresentassem diferença significativa entre si. Ambos apresentaram teor mais alto e com diferença significativa em relação aos demais tratamentos não mencionados, que por sua vez não apresentaram diferença significativa, comparados ao tratamento testemunha, como estão apresentados no Quadro 8.

Foi calculada uma equação de regressão do tipo quadrática, para os teores de P determinados na m.s. do limoeiro 'Cravo', relacionados com os teores de  $P_2O_5$  aplicados no substrato para os níveis de AA, passando por um ponto de máximo de 768 g de  $P_2O_5/m^3$  do substrato. Para o SS e AF uma equação do tipo linear foi que melhor se ajustou aos dados, visto na Figura 6, enquanto que o ST não mostrou efeito significativo pelo teste t.

#### 4.2.3. Potássio na matéria seca

Os teores de K determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' adubados com diferentes fontes de P, tiveram praticamente com portamento semelhante ao tratamento testemunha, entretanto nota-se uma tendência de aumento dos teores de K, quando se aumentou os níveis de AF, conforme Quadro 8. O único tratamento que apresentou diferença significativa com o tratamento testemunha foi o AF em seu maior nível, como pode ser visto no Quadro 8, sendo que todos os

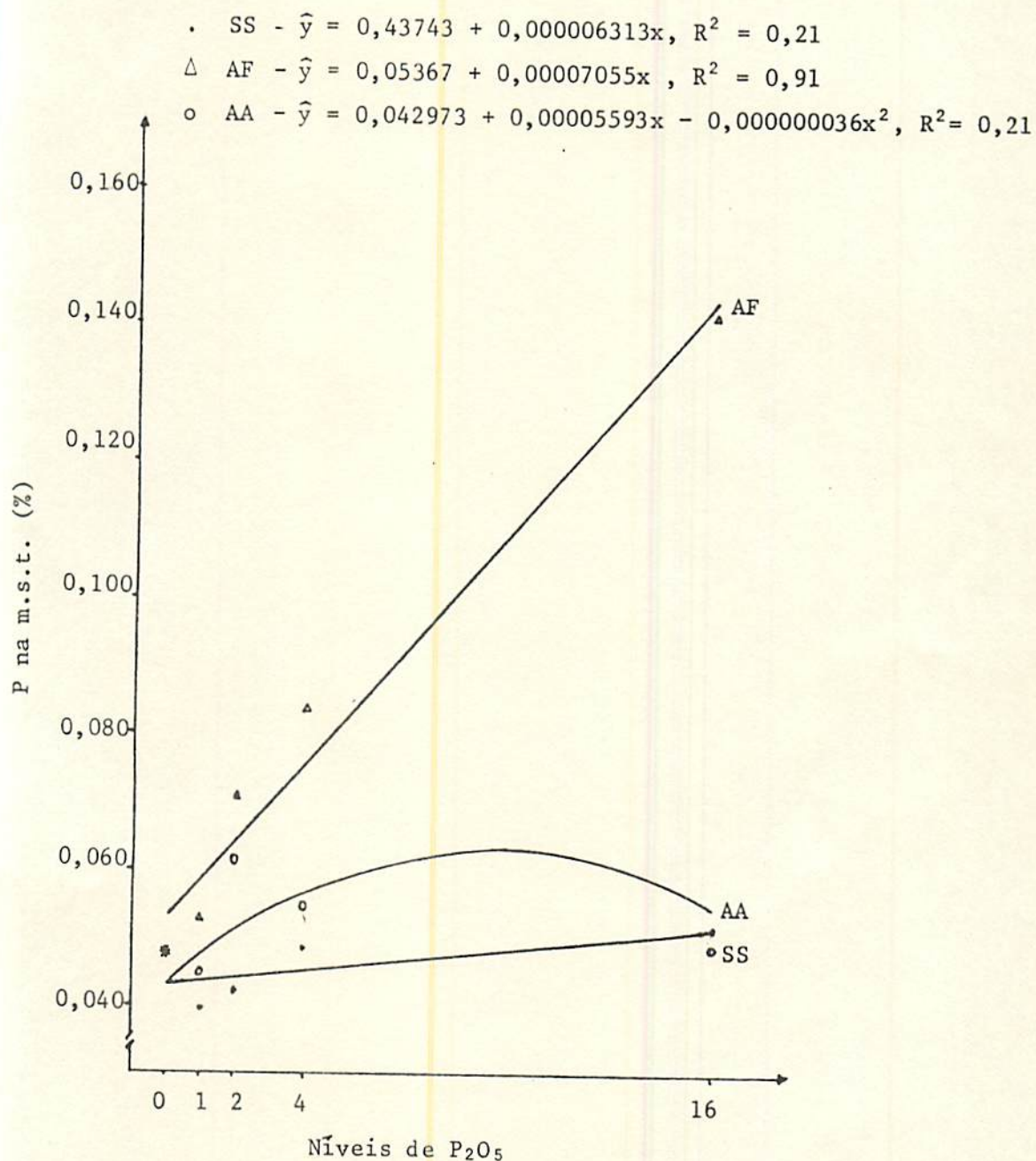


FIGURA 6 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de P na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.

demais tratamentos apresentaram valores iguais entre si, quando suas médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.2.4. Cálcio na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de Ca, apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 8.

Para o conteúdo de Ca determinado na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', maiores teores foram constatados nas plantas adubadas com AA, seguida pelo SS.

No Quadro 8 estão apresentados os teores médios de Ca determinados na m.s. total de todos os tratamentos, onde verifica-se que o maior teor de Ca nos limoeiros 'Cravo' foi determinado com AA no seu maior nível, embora sem diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade com os tratamentos AA nos dois níveis intermediários, e SS no maior nível. O tratamento testemunha foi o que menor teor de Ca apresentou, não tendo diferença significativa quanto àqueles tratamentos com AF e ST, excetuando-se o maior nível de ST.

As equações de regressão para os teores de Ca determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', relacionados aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao substrato estão na Figura 7, com excessão do AF que não foi significativo pelo teste t. As equações de regressão para o SS, ST e AA, apresentam-se do tipo quadrática, com pontos de máximo de 850, 1 130 e 848 g de  $P_2O_5/m^3$  do substrato, respectivamente.

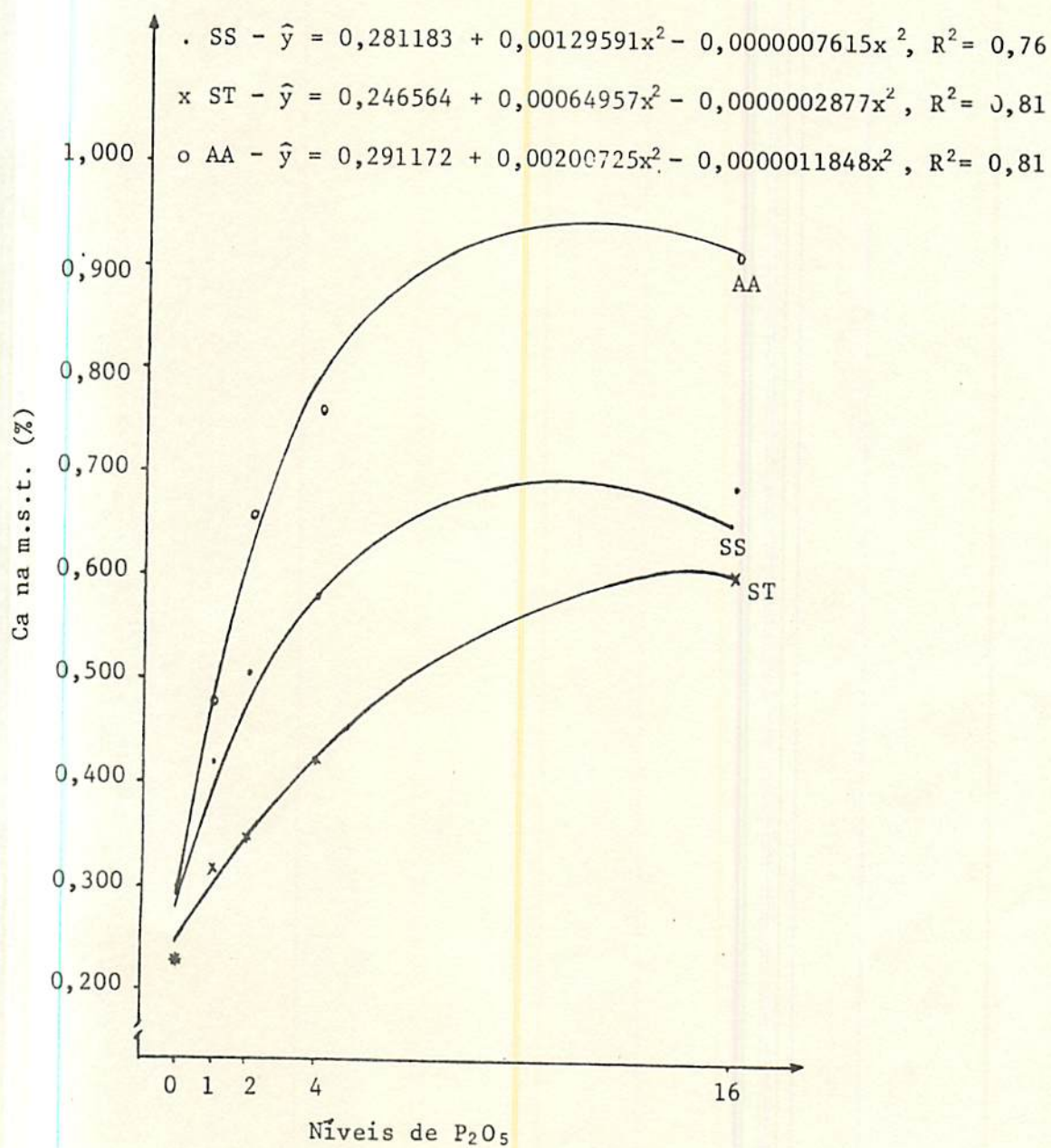


FIGURA 7 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de Ca na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.

#### 4.2.5. Magnésio na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de Mg, apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 8 .

Das fontes de P empregadas, os maiores teores de Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', foram determinados nas plantas adubadas com AF e SS, conforme se observa no Quadro 8.

O tratamento AF no seu maior nível, foi o que maior teor de Mg na m.s. do limoeiro 'Cravo' apresentou, embora sem diferença significativa com os tratamentos SS nos dois níveis maiores e testemunha. Os teores médios mais baixos de Mg na m.s. foram determinados nos tratamentos com AA, porém sem diferença significativa com a testemunha.

#### 4.2.6. Enxofre na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de S, apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey , ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 8.

Dentre as fontes de P utilizadas, os maiores teores de S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', foram determinados nas plantas adubadas com o SS, apresentando diferença significativa quando comparados aos demais tratamentos.

O tratamento que apresentou maior teor de S na m.s. do limoeiro 'Cravo' foi o SS, quando aplicado no maior nível, com diferença

significativa a todos os demais tratamentos, conforme se observa no Quadro 8. Os outros três tratamentos com SS, também apresentaram valores médios de S na m.s. total, maiores que os demais, sendo porém, iguais entre si. Teores de S mais baixos foram determinados nos tratamentos com AF e ST, que mostraram-se iguais à testemunha.

As equações de regressão para os teores de S determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', em relação ao  $P_2O_5$  aplicado, estão na Figura 8, com exceção do AF, que não foi significativo pelo teste t. Para o ST, foi calculada equação linear, enquanto que para o SS e AA foram calculadas equações do tipo quadrática, com pontos de máximo de 1.015 e 816 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, respectivamente.

#### 4.2.7. Boro na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de B, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 9.

As fontes de P utilizadas na adubação do limoeiro 'Cravo', praticamente tiveram comportamento semelhante quanto ao teor de B na m.s. total dos limoeiros, sendo que todos os tratamentos no maior nível, apresentaram os menores teores, porém iguais entre si, mas com diferença significativa comparados à testemunha, sendo o menor teor determinado no tratamento SS no maior nível aplicado.

Todos os outros tratamentos com os três níveis menores, apresentaram teores de B na m.s., iguais à testemunha, sendo que o maior teor foi determinado no tratamento AA no menor nível.

. SS -  $\hat{y} = 0,079684 + 0,00029078x - 0,000000143x^2$ ,  $R^2 = 0,67$   
 x ST -  $\hat{y} = 0,059262 + 0,00001323x$ ,  $R^2 = 0,19$   
 o AA -  $\hat{y} = 0,065117 + 0,0001545x - 0,0000000947x^2$ ,  $R^2 = 0,49$

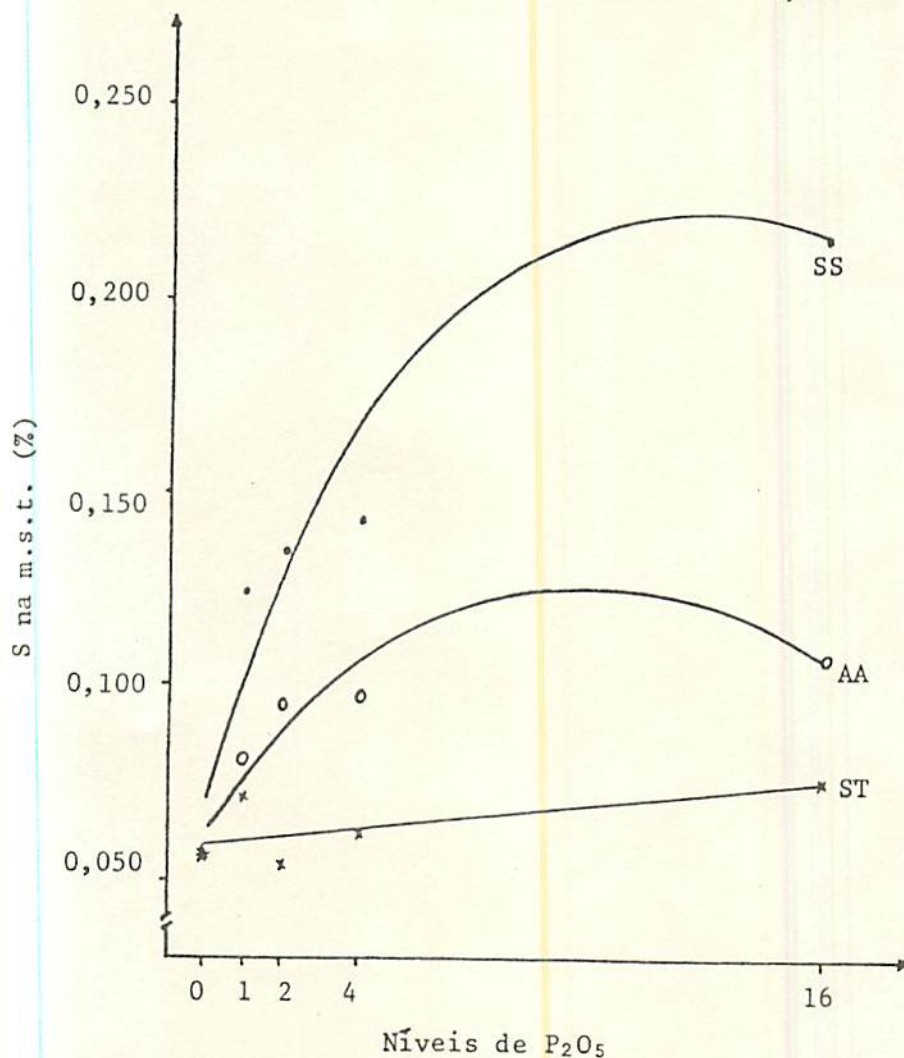


FIGURA 8 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e os teores de S na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras - MG, 1980.

QUADRO 9 - Teores médios por tratamento de micronutrientes determinados na m.s.total dos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Micronutrientes (ppm)			
	B	Cu	Mn	Zn
SS <sub>1</sub>	37,48	8,00	175,00	18,28
SS <sub>2</sub>	38,23	7,66	155,00	17,40
SS <sub>4</sub>	36,33	7,50	135,00	19,39
SS <sub>16</sub>	22,43	6,66	116,06	16,81
AF <sub>1</sub>	36,12	7,50	186,66	22,14
AF <sub>2</sub>	37,26	8,16	183,33	19,48
AF <sub>4</sub>	32,37	7,16	173,33	17,11
AF <sub>16</sub>	27,54	5,83	186,66	15,04
ST <sub>1</sub>	35,78	8,33	185,00	20,68
ST <sub>2</sub>	36,86	7,83	183,33	17,11
ST <sub>4</sub>	33,83	7,33	188,33	17,99
ST <sub>16</sub>	23,81	5,16	138,16	17,70
AA <sub>1</sub>	38,93	7,50	198,83	19,79
AA <sub>2</sub>	38,58	7,33	236,66	21,25
AA <sub>4</sub>	33,44	6,66	306,66	22,17
AA <sub>16</sub>	27,65	6,00	498,33	30,82
T	38,78	7,66	198,33	19,48
DMS (Tukey 5%)	6,32	2,43	64,80	6,03

(1) Médias obtidas de seis repetições.

#### 4.2.8. Cobre na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de Cu apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 9.

Os teores de Cu determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', apresentaram pouca variação com relação às diferentes fontes de P, sendo que o menor teor foi constatado com o ST no maior nível, único tratamento com diferença significativa da testemunha.

Foi constatado para todas as fontes de P, que os menores teores de Cu foram determinados com o maior nível de  $P_2O_5$  aplicado. Todos os tratamentos, com exceção de ST no maior nível, tiveram teores de Cu na m.s. iguais entre si, sem diferença significativa comparadas à testemunha.

Foram calculadas equações de regressão do tipo linear para todas as fontes de P utilizadas, relacionando os níveis de  $P_2O_5$  aplicados e os teores de Cu determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', apresentadas na Figura 9.

#### 4.2.9. Manganês na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de Mn, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 9.

Para o teor de Mn determinado na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', verificou-se comportamento diferente entre as várias fontes

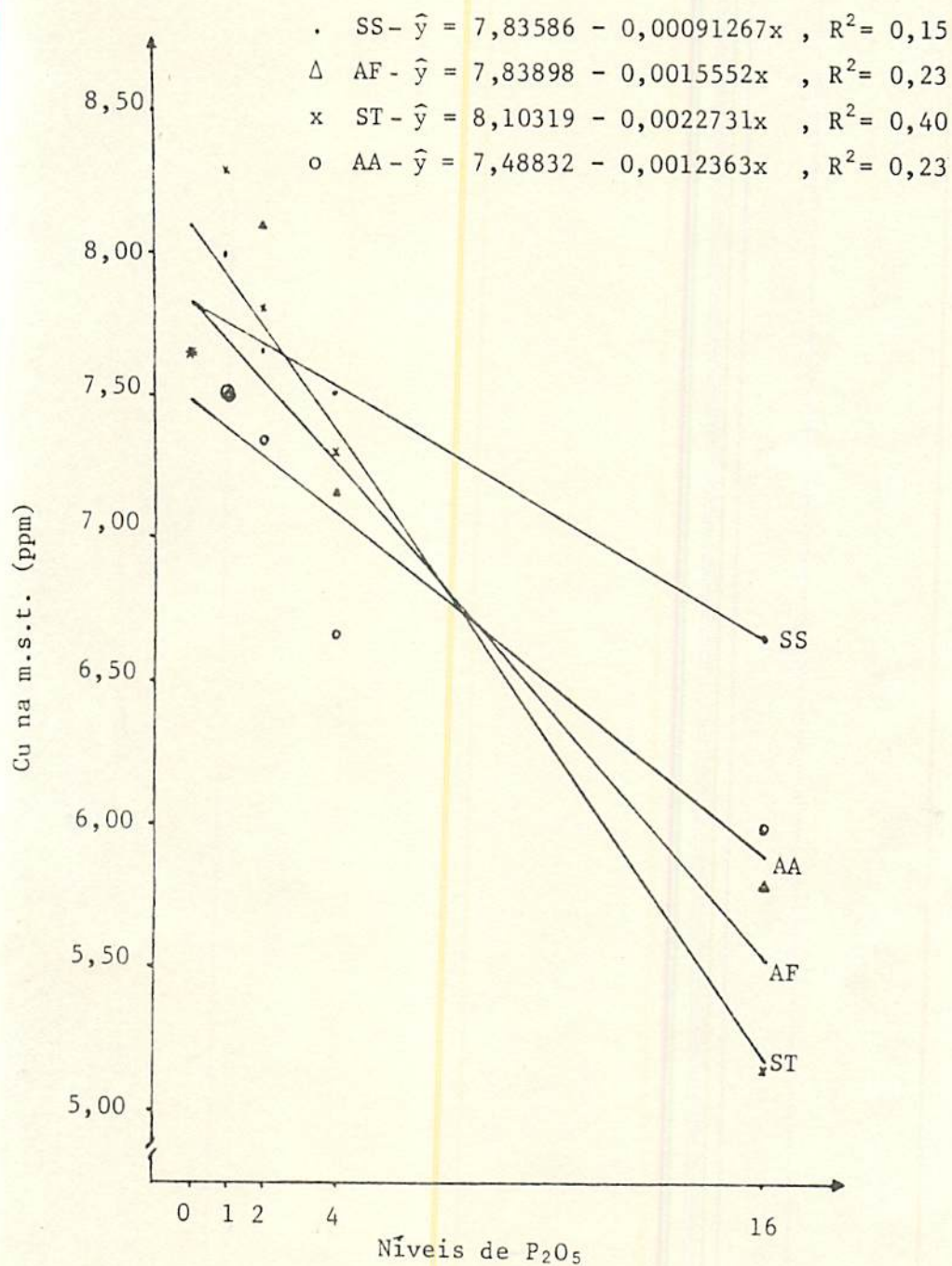


FIGURA 9 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e os teores de Cu na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras - MG, 1980.

de P utilizadas. O teor de Mn na m.s. tende a aumentar com o aumento dos níveis de AA, ocorrendo o inverso com as demais fontes.

O tratamento que apresentou maior teor de Mn na m.s. foi o AA no maior nível aplicado, com diferença significativa comparado a todos os demais. Somente os tratamentos com AA nos dois maiores níveis, apresentaram teor de Mn na m.s. maior e com diferença significativa comparado à testemunha. O menor teor foi determinado com SS no maior nível, apresentando diferença significativa quando comparado à testemunha.

Calculou-se equações de regressão linear para ST e AA, envolvendo os níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato e teores de Mn determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', enquanto que, para o SS, calculou-se uma equação quadrática, passando a curva por um ponto de mínimo de 857 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato. As equações são apresentadas na Figura 10. Não houve efeito significativo pelo teste t para o AF.

#### 4.2.10. Zinco na matéria seca

As médias por tratamento dos teores de Zn, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 9.

As fontes de P usadas, mostraram comportamento diferente quanto ao teor de Zn determinado na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', sendo o tratamento AA, quando aplicado no maior nível, o que apresentou maior teor de Zn na m.s. dos limoeiros e com diferença significativa

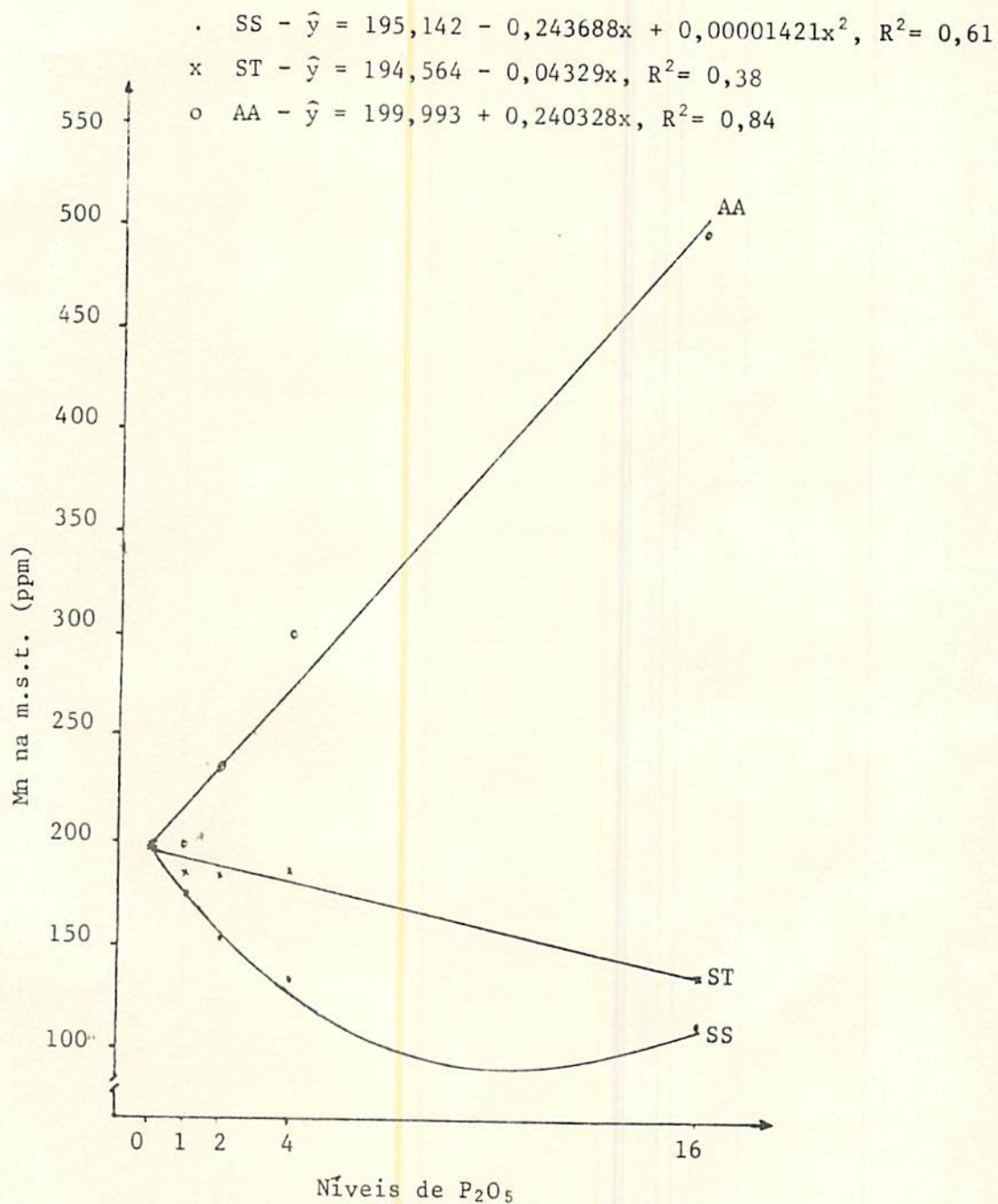


FIGURA 10 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de Mn na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo', obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.

tiva, comparado aos demais. Menor valor foi determinado com o tratamento AF, quando usado no maior nível, no entanto sem diferença significativa comparado à testemunha.

Foram calculadas equações de regressão do tipo linear para AF e AA, envolvendo os níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato e os teores de Zn determinados na m.s. dos limoeiros 'Cravo', conforme Figura 11. Para o ST e SS não houve efeito significativo da análise de regressão pelo teste t.

#### 4.3. Crescimento dos limoeiros 'Cravo'

No Quadro 10 encontram-se os resumos das análises de variância referentes a todas as características de crescimento dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes fontes e níveis de P, assim como os coeficientes de variação correspondentes, que variam de 10,66% para comprimento de raiz e 25,71% para m.s. de raiz.

Não foi constatado efeito significativo de blocos para nenhuma característica avaliada, através do teste F, enquanto que, para tratamentos, todos deram efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, os quais são: altura dos limoeiros aos três meses, altura aos seis meses, comprimento de raízes, peso de m.s. de raízes, peso de m.s. da parte aérea e peso da m.s. total. Os pesos secos e medidas de raízes, foram tomados seis meses pós-semeadura.

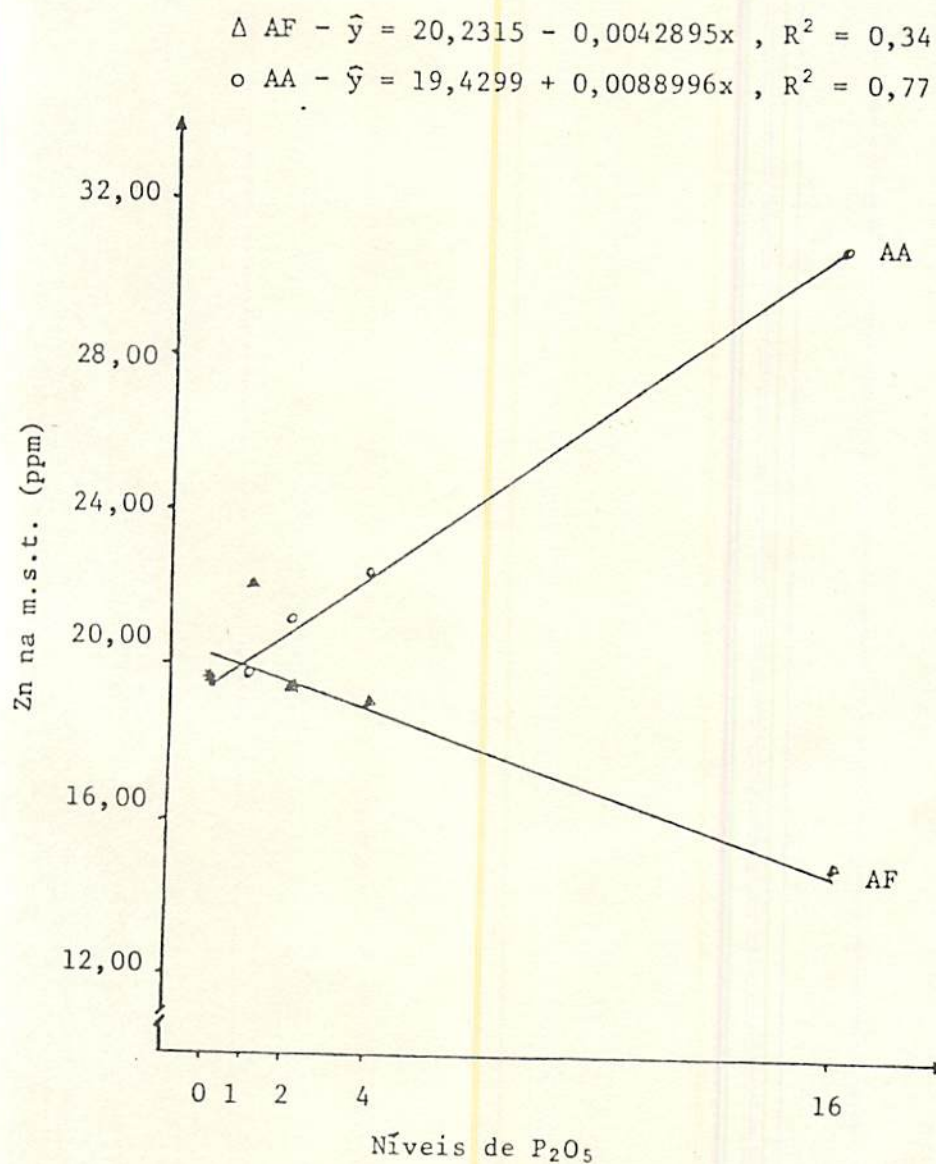


FIGURA 11 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e os teores de Zn na m.s.t. dos limoeiros 'Cravo' obtidos seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.

QUADRO 10 - Resumo das análises de variância para as características de crescimento, avaliadas nos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-sémeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981 (1).

Causas de variações	G.L.	Quadrados Médios					
		Altura,3 meses -cm-	Altura,6 meses -cm-	Comprimento raiz -cm-	m.s.raiz -g-	m.s.aérea -g-	m.s. total -g-
Blocos	5	0,3759	1,2695	24,9838	0,1688	0,2835	0,6317
Tratamentos	6	18,7418**	97,2539**	210,1187**	18,8536**	25,2370**	86,4067**
Resíduos	80	0,4735	1,1468	11,5052	0,2488	0,3580	1,1231
C.V.%		12,19	15,52	10,66	25,71	25,57	24,76

\*\* Significativos pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

(1) Valores médios obtidos de seis limoeiros por parcela, em seis repetições.

#### 4.3.1. Altura dos limoeiros aos três meses

Os valores médios por tratamentos de todas as características de crescimento avaliadas nos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes fontes e níveis de P, encontram-se no Quadro 11.

As médias por tratamento das alturas dos limoeiros 'Cravo', medidas três meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 11.

Dentre as fontes de P utilizadas, o menor crescimento dos limoeiros foi obtido quando usou-se o AF, embora todas as fontes apresentassem comportamento semelhante, isto é, a altura aumentou com o aumento do nível de adubação.

Maiores alturas dos limoeiros medidos aos três meses pós-semeadura, foram conseguidos com o SS, ST e AA nos seus maiores níveis, sem diferença significativa entre seus valores. O menor valor médio da altura foi registrado com a testemunha, embora sem diferença significativa, comparado àqueles adubados com o nível menor de todas as fontes.

#### 4.3.2. Altura dos limoeiros aos seis meses

As médias por tratamento das alturas dos limoeiros 'Cravo', medidas aos seis meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 11.

QUADRO 11 - Valores médios por tratamentos das características de crescimento avaliadas nos limoeiros 'Cravo', colhidos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes fontes e níveis de P. Lavras, 1981<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Características de Crescimento					
	Alt.3 meses -cm-	Alt.6 meses -cm-	Comp.raiz -cm-	m.s.raiz -g-	m.s.aérea -g-	m.s.total -g-
SS <sub>1</sub>	4,71	5,63	33,65	0,83	1,08	1,91
SS <sub>2</sub>	4,71	5,65	34,31	0,88	1,13	2,81
SS <sub>4</sub>	5,40	7,15	31,86	1,33	1,86	3,19
SS <sub>16</sub>	9,86	16,06	37,63	5,65	6,54	12,20
AF <sub>1</sub>	4,11	4,31	24,51	0,75	0,71	1,47
AF <sub>2</sub>	4,55	5,11	22,90	0,78	0,99	1,77
AF <sub>4</sub>	4,76	6,10	22,55	1,24	1,56	2,81
AF <sub>16</sub>	5,50	10,68	23,01	1,99	3,96	5,95
ST <sub>1</sub>	4,18	4,56	33,61	0,92	0,92	1,75
ST <sub>2</sub>	4,63	5,50	36,71	1,21	1,06	2,27
ST <sub>4</sub>	5,50	6,25	39,16	1,59	1,55	3,15
ST <sub>16</sub>	8,73	15,35	39,40	6,25	6,49	12,74
AA <sub>1</sub>	5,00	5,85	32,25	0,96	1,23	2,19
AA <sub>2</sub>	5,30	6,78	33,95	1,31	1,77	3,08
AA <sub>4</sub>	6,60	8,78	33,33	1,89	2,42	4,31
AA <sub>16</sub>	8,56	15,13	37,06	4,65	5,87	10,52
T	3,81	3,82	24,93	0,70	0,66	1,36
DMS (Tukey 5%)	1,42	2,50	7,02	1,03	1,23	2,19

( 1 ) Médias obtidas de seis repetições

As fontes de P usadas, apresentaram para esta característica, comportamento semelhante àquele obtido com a altura aos três meses conforme Quadro 11, onde o AF foi o que menor resposta ao crescimento das plantas proporcionou.

Os tratamentos que maior altura induziram às plantas, foram SS, ST e AA quando no maior nível, sem diferenças significativas entre suas médias, mas com diferenças significativas a todos os demais. O valor mais baixo foi determinado com a testemunha, sem diferir dos tratamentos adubados com o nível menor de todas as fontes.

Para o SS, ST e AF, foram calculadas equações de regressão do tipo linear, relacionando altura dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura e níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato. Para a AA, uma equação quadrática melhor se ajustou aos dados, conforme Figura 12, passando por um ponto de máximo de 1.274 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato.

#### 4.3.3. Comprimento das raízes dos limoeiros

As médias por tratamento de comprimento de raízes dos limoeiros 'Cravo', medidas aos seis meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 11.

O comprimento das raízes dos limoeiros 'Cravo', tiveram influência das diferentes fontes de P utilizadas, verificando porém, que somente o AF não promoveu aumento no comprimento de raízes das plantas.

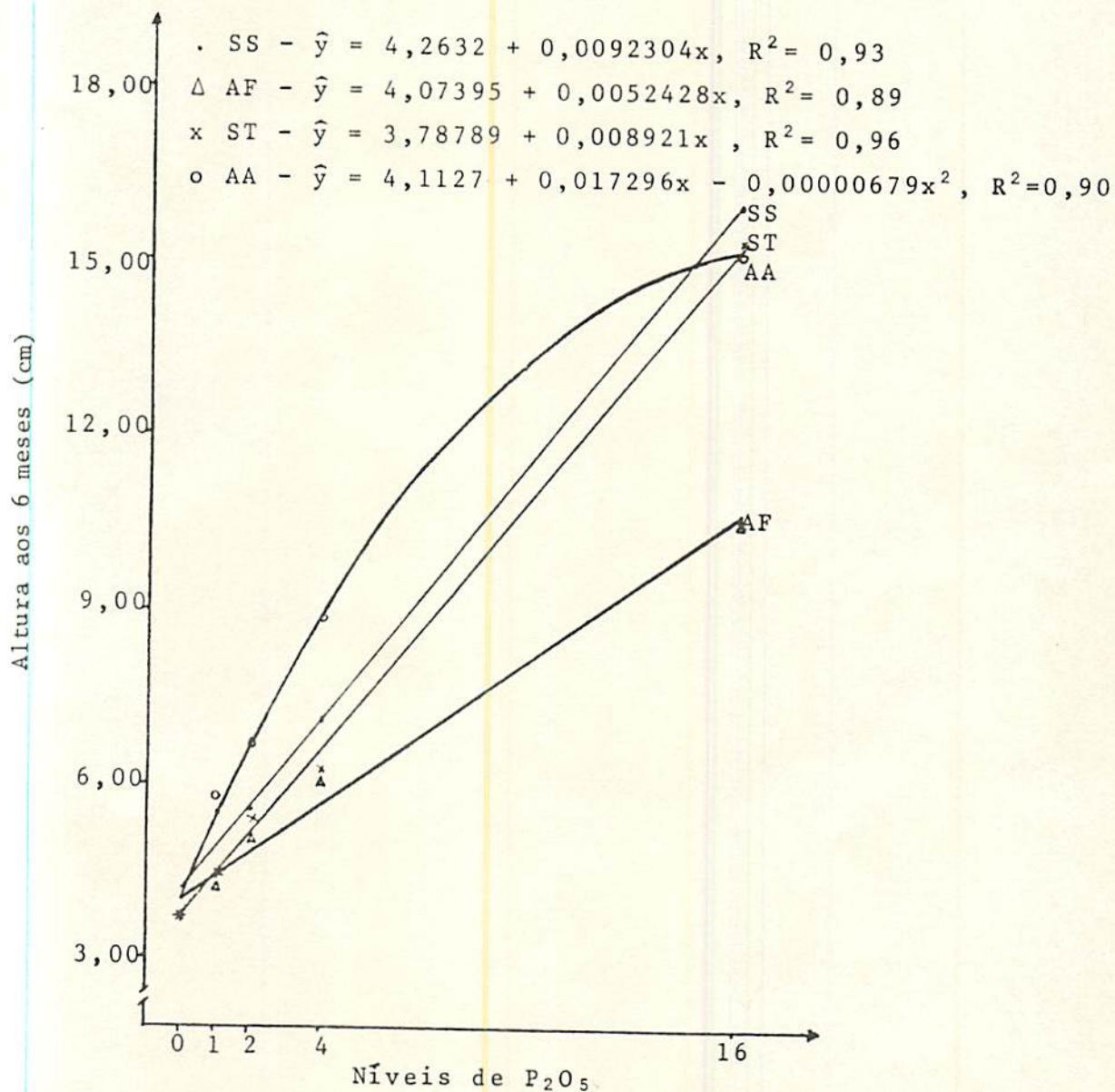


FIGURA 12 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e altura dos limoeiros 'Cravo', obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras, MG, 1980.

O maior valor médio de comprimento de raízes foi determinado com o ST no maior nível, sem diferença significativa com todos tratamentos de igual nível, com exceção do AF.

Os menores comprimentos foram registrados pelos tratamentos com AF, em todos os níveis, sem diferenças significativas comparados à testemunha.

#### 4.3.4. Peso da matéria seca de raízes dos limoeiros

As médias por tratamentos do peso da m.s. de raízes dos limoeiros 'Cravo', apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 11.

Todas as fontes de P usadas, apresentaram para esta característica comportamento semelhante, aumentando o valor médio do peso da m.s. com o aumento do nível de  $P_2O_5$  aplicado, de acordo com o Quadro 11.

O maior valor médio foi determinado com o ST no maior nível empregado, sem diferença significativa comparada ao SS quando em igual nível. O menor valor médio foi determinado com a testemunha, sem diferença significativa, comparado a todos os tratamentos com os três menores níveis de todas as fontes, excetuando a AA no maior nível intermediário.

O cálculo da análise de regressão entre os pesos de m.s. de raízes e os níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato, mostrou para todas as fontes, que uma equação do tipo linear melhor se ajusta aos

dados , conforme está apresentado na Figura 13.

#### 4.3.5. Peso da matéria seca da parte aérea dos limoeiros

As médias por tratamento dos pesos da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 11.

Todas as fontes de P usadas, apresentaram comportamento semelhante para esta característica, aumentando o peso da m.s. com o aumento do nível de  $P_2O_5$  aplicado, de acordo com o Quadro 11.

Maiores valores médios foram determinados com os tratamentos SS, ST e AA quando aplicado o maior nível. Apesar de serem iguais entre si, apresentaram diferença significativa quanto aos demais tratamentos. De todas as fontes, o AF teve comportamento inferior às demais, quando comparou o peso da m.s. da parte aérea num mesmo nível.

O menor valor médio foi constatado com a testemunha, que não teve diferença significativa, comparado a todos os tratamentos com os três menores níveis de todas as fontes, excetuando o AA no maior nível intermediário.

O cálculo da análise de regressão entre os pesos da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato, resultou em equações do tipo linear para todas as fontes estudadas, conforme Figura 14.

$$\cdot \text{ SS} - \hat{y} = 0,398316 + 0,00402967x, R^2 = 0,94$$

$$\Delta \text{ AF} - \hat{y} = 0,723478 + 0,0010169x, R^2 = 0,73$$

$$\times \text{ ST} - \hat{y} = 0,510444 + 0,004424x, R^2 = 0,92$$

$$\circ \text{ AA} - \hat{y} = 0,781039 + 0,0030514x, R^2 = 0,94$$

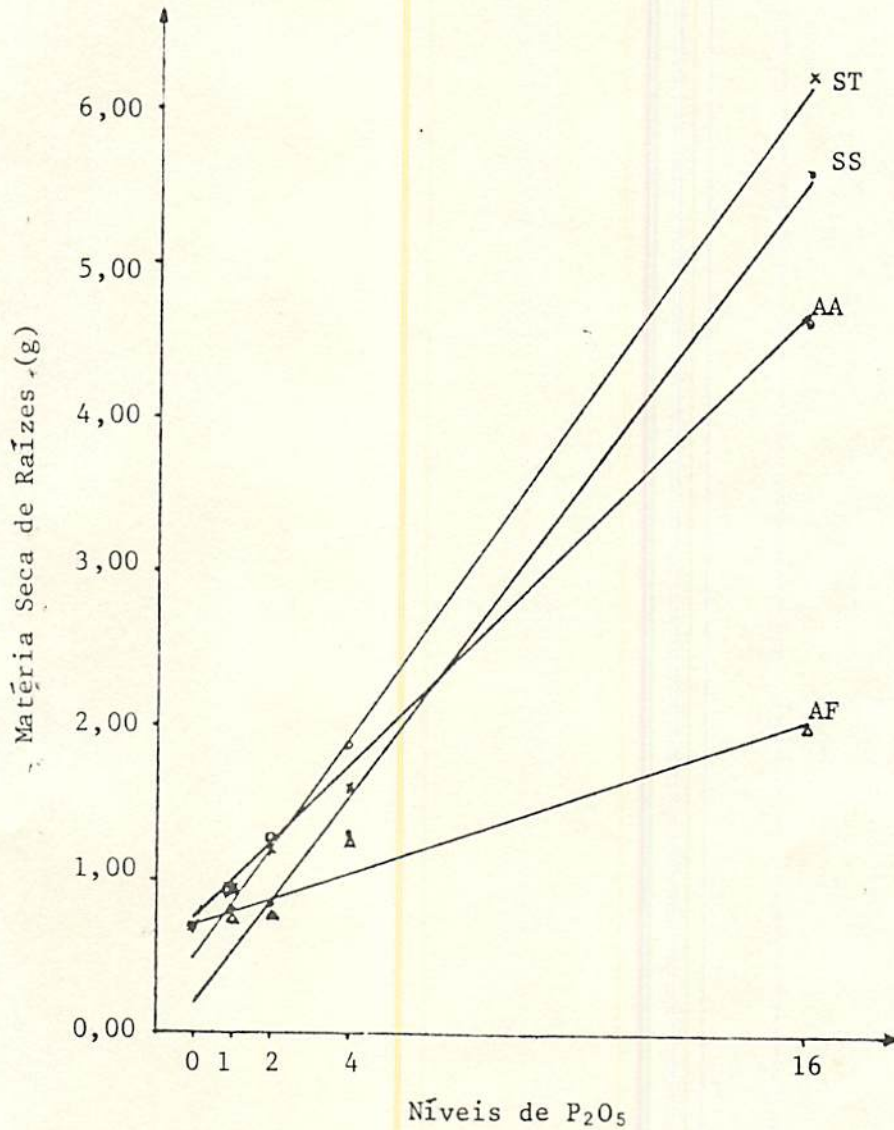


FIGURA 13 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e as quantidades de m.s. de raízes dos limoeiros 'Cravo', obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.

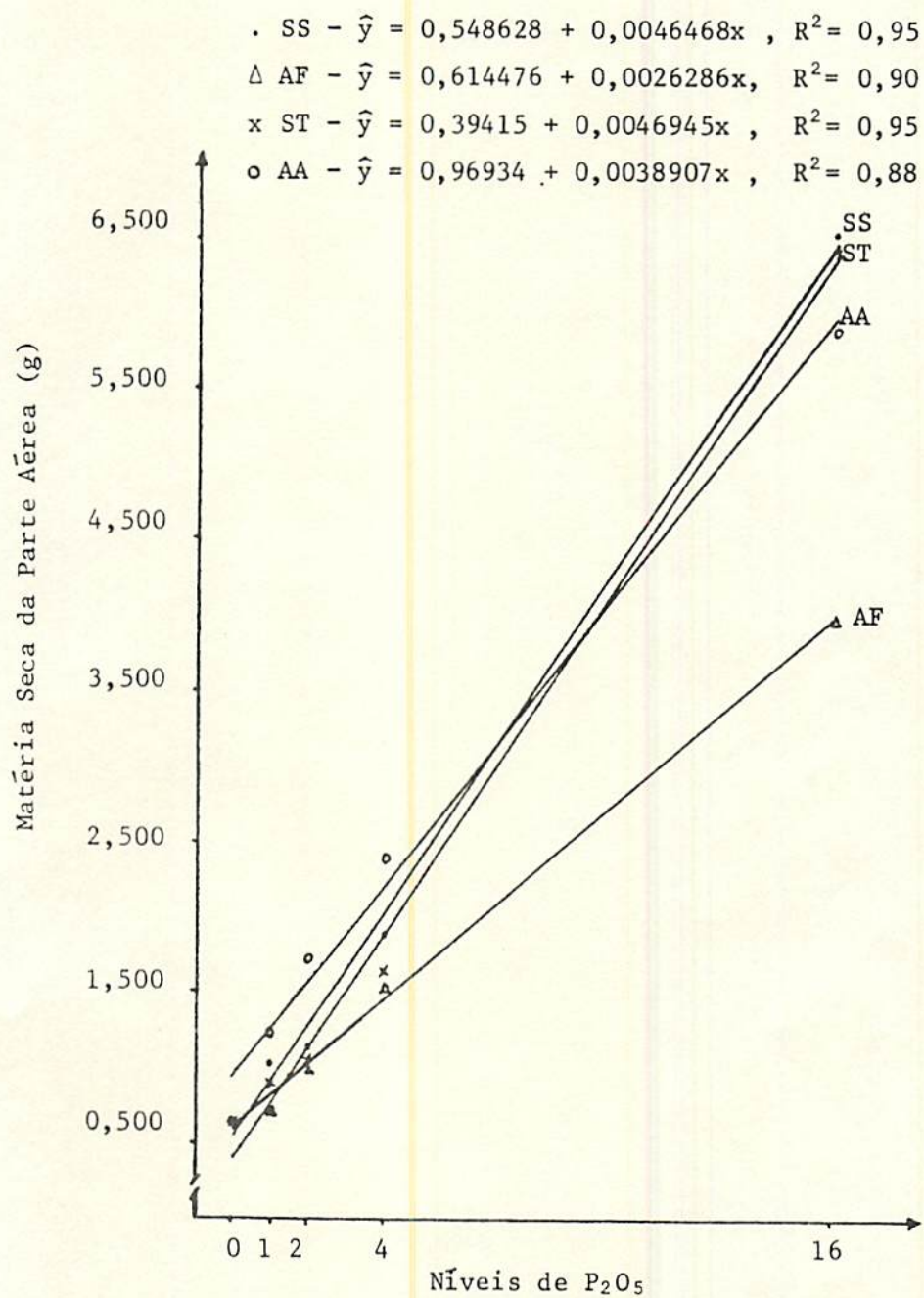


FIGURA 14 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e as quantidades de m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras-MG, 1980.

#### 4.3.6. Peso da matéria seca total

As médias por tratamento dos pesos da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', apresentam diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 11.

Os maiores valores médios de m.s. total foram determinados com os tratamentos ST e SS no maior nível, com diferença significativa, comparados a todos os outros tratamentos. A AA, no maior nível, apresentou valor médio de m.s. total menor que o ST, porém igual ao SS, com diferença significativa, quanto aos demais tratamentos.

Todas as fontes de P usadas apresentaram para esta característica comportamento semelhante, aumentando o valor médio do peso da m.s. total, com o aumento do nível de  $P_2O_5$  aplicado, de acordo com o Quadro 11.

O menor valor médio foi constatado com a testemunha, sem diferenças significativas, comparado a todos os tratamentos com os três menores níveis de todas as fontes, excetuando o tratamento AA no maior nível intermediário.

O cálculo da análise de regressão entre os pesos da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de  $P_2O_5$  aplicados no substrato, resultou em equações do tipo linear para todas as fontes estudadas, conforme Figura 15.

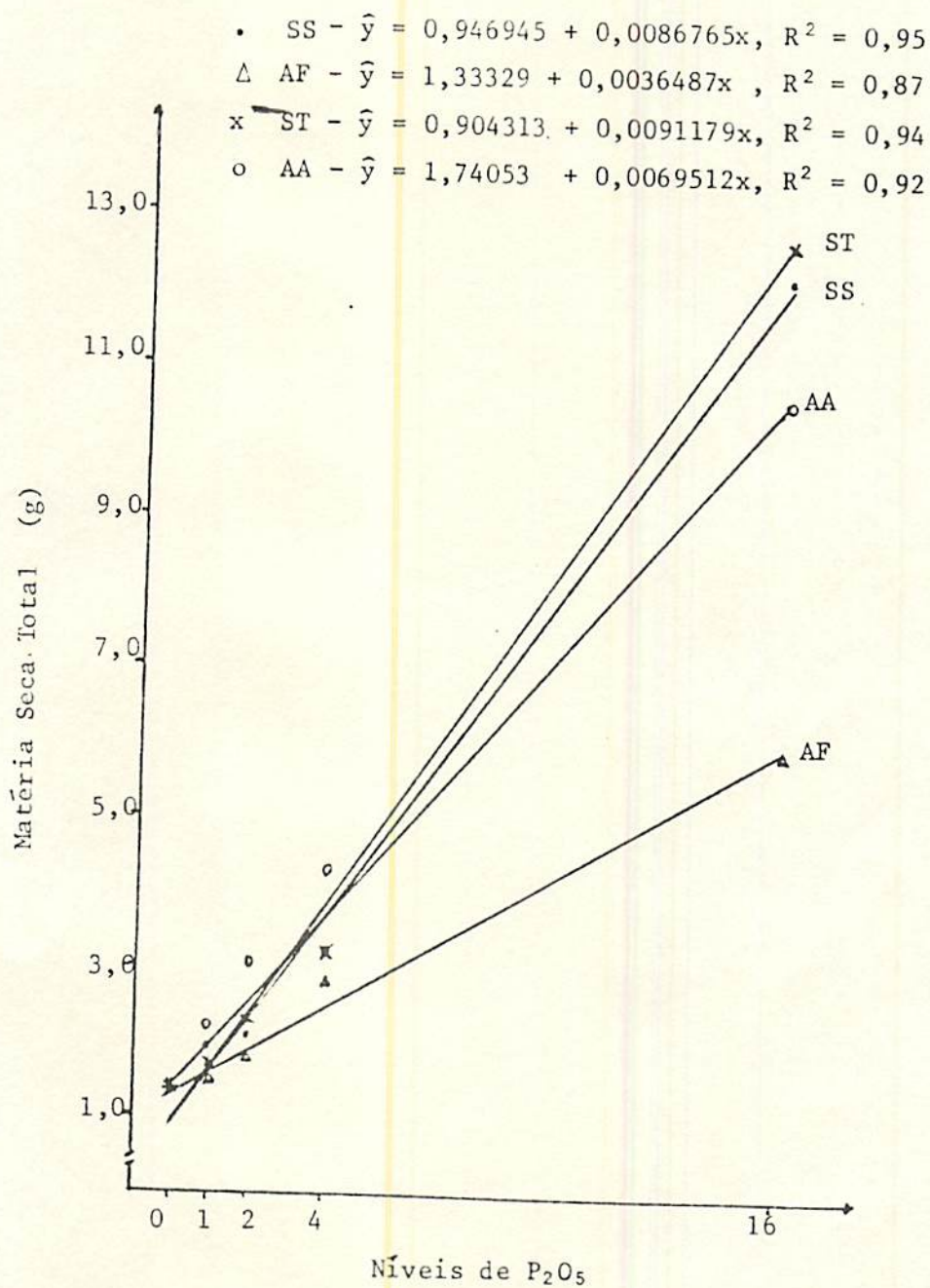


FIGURA 15 - Equações de regressão para cada fonte de P aplicado em cinco níveis de  $P_2O_5$  e as quantidades de m.s. total dos limoeiros 'Cravo', obtidas seis meses pós-semeadura. Lavras - MG, 1980.

## 5. DISCUSSÃO

Para comparar os resultados obtidos no presente trabalho com aqueles de outras regiões, são apresentadas certas dificuldades. Diante de tal situação, alguns fatores devem ser considerados: espécie da planta com a qual se trabalha, estágio de desenvolvimento e idade da mesma, as condições ambientais predominantes no local experimental, além de outros de menor interferência.

Considerou-se a influência dos fatores mencionados, para procurar explicar alguns dos resultados obtidos neste trabalho.

Sem a finalidade principal de testar fontes de P, Jones & Parker citados por GALLO et alii (23) e SOUZA (55), utilizando superfosfato simples em adubação de laranjeiras, constataram nas amostras do substrato, teores mais elevados de P e Ca, à medida que foi aumentando o nível do adubo aplicado. Constataram também que os valores de pH aumentaram, além do Mg, enquanto que o teor de K diminuiu.

Resultado semelhante foi encontrado por SILVA (52), em trabalho idêntico aos anteriores, só que em sementeira e ainda em limo-

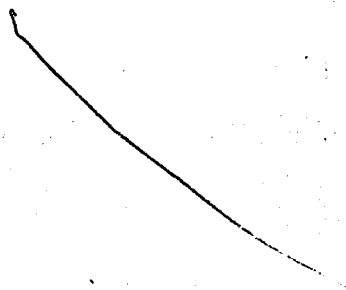
eiro 'Cravo', sob condição de casa de vegetação. Observou-se ainda de -  
crêscimo nos teores de  $Al^{+++}$  nas amostras do substrato estudado, com  
o aumento do nível de superfosfato aplicado.

Neste trabalho, verificou-se que todas as fontes de P empre-  
gadas, aumentaram o seu teor no substrato, com o aumento do nível, o  
correndo o mesmo com o  $Ca^{++} + Mg^{++}$  e valores de pH. Os teores de P no  
substrato, em relação à testemunha, quando foi usado o SS, AF, ST e  
AA no maior nível, foi aumentado em 1 260%, 10 060%, 3 770% e 12 560% respec-  
tivamente, concordando com SILVA (52), que também encontrou maior  
resposta ao AF quando comparado ao SS.

O fato do maior teor de P no substrato se dever a AA, pode  
ser justificado em parte, devido ao próprio teor total de  $P_2O_5$  da  
AA e seu baixo teor solúvel, fazendo com que tenha sido aplicado uma  
quantidade total deste adubo, muitas vezes maior que as demais fon-  
tes utilizadas.

Outra causa pode ser atribuída à elevada acidez do substrato,  
condição em que os fosfatos naturais têm maior eficiência, segundo  
SANCHES (49), além do extrator utilizado na determinação do P em  
laboratório, não satisfazer em igualdade de condições a todos os ca-  
sos estudados. Observou-se que, onde foram aplicados níveis baixos de  
todas as fontes, resultou também baixo teor de P no substrato, deter-  
minando às plantas desenvolvimento débil e retardado, concordando com  
EPSTEIN (20), quando menciona que plantas desenvolvendo com deficiên-  
cia de P, nem chegam a crescer.

Referente aos teores de  $Ca^{++} + Mg^{++}$  no substrato, diversos  
autores (23, 12, 36, 55, 52) mencionam seu aumento em substrato adu-



bado com SS. Neste trabalho, os resultados são concordantes, sendo detectado para o SS e AA, quando aplicados no maior nível, valores de 790% e 360% respectivamente maior que o teor constatado na testemunha. No caso do AF, o teor de  $Ca^{++} + Mg^{++}$  nos diferentes níveis mantiveram-se iguais, comparados à testemunha, enquanto que para o ST no maior nível, o teor deste foi 186% maior que a testemunha, resposta que pode ser atribuída ao Ca presente nesta fonte.

O comportamento do SS e AA pode ser explicado devido ao elevado teor de Ca existente na constituição destas fontes, bem como o Mg, o que não ocorre com o AF e sendo encontrados em quantidades pequenas no ST, quando comparado ao SS e AA, por isso também o menor teor destes no substrato, quando comparado àquelas fontes.

Diminuição no teor de K no solo, com aumento nos níveis de P aplicado ao mesmo, tem sido mencionado por EPSTEIN (20) e MALAVOLTA (35). Resultado semelhante foi observado neste trabalho com a adubação fosfatada, utilizando SS, AF, ST e AA, no maior nível usado, quando constatou-se uma redução de K no valor de 24%, 32%, 39% e 40% respectivamente, comparado ao valor da testemunha.

Todos os tratamentos apresentaram um teor de K no substrato menor que o apresentado pela testemunha, levando a crer que há uma relação negativa entre os dois nutrientes no solo, ou seja, à medida que seja elevada a concentração de um deles no solo, acarreta a redução do outro. Este resultado concorda ainda com o obtido por SILVA (52), quando empregou o SS como fonte fosfatada.

O decréscimo do teor de K no substrato, pode ser ainda pelo fato de que, com aumento da dose de P, houve um maior crescimento das

plantas, em consequência, maior absorção e exigência de K pelas mesmas; em função disto, houve menor teor do nutriente no solo, após o período experimental, já que o suprimento deste, foi igual e constante para todos os tratamentos.

Aumento nos valores de pH do solo foi constatado por SOUZA (55), utilizando o SS como fonte fosfatada, em doses crescentes. SILVA (52), encontrou uma pequena variação nos valores de pH do substrato, quando empregou a mesma fonte, em trabalho de casa de vegetação.

Neste trabalho, pouca variação de pH comparada à testemunha, ocorreu. O maior valor foi verificado com o emprego da AA no nível mais alto de aplicação, sendo 0,50 unidades maior que a testemunha, o qual representa um aumento em relação a esta de apenas 12%. Este fato provavelmente, tenha sido devido à maior quantidade de Ca presente na AA, já que o balanceamento das fontes foi somente para o P, ou que, o Ca desta fonte esteja numa forma mais simples que das outras fontes que o contém, permitindo uma reação mais rápida com o solo.

Os teores de  $Al^{+++}$  no substrato, apresentaram comportamento inverso ao apresentado pelo pH, ou seja, onde foi constatado elevação nos valores deste, observou-se redução nos teores de  $Al^{+++}$ , tomando como referência o tratamento testemunha. O menor teor de  $Al^{+++}$  no solo foi constatado no tratamento com AA no maior nível aplicado, sendo 78% menor que a testemunha, enquanto que, com o SS em igual nível, a redução do teor de  $Al^{+++}$  do solo foi de 57%, resultado este concordante com aquele obtido por SILVA (52), quando empregou o SS

em condições semelhantes às aquelas onde se realizou este trabalho . Quando se usou o ST no maior nível, o teor de  $Al^{+++}$  foi 43% menor que o apresentado pela testemunha, enquanto que com o AF, foi exatamente igual a esta.

O fato de apenas a AA e SS ter interferido mais acentuadamente nos teores de  $Al^{+++}$  e valores de pH do solo, pode ser provavelmente devido à maior presença de Ca na constituição destas fontes, o qual na solução do solo desloca o  $Al^{+++}$  do complexo reduzindo-o, fazendo com que seja elevado o pH do solo. A redução foi ainda maior, quando se utilizou a AA, pelo fato de ser também maior a concentração de Ca nela presente, ou que este tenha deslocado o  $Al^{+++}$  do complexo, mais prontamente.

O efeito da adubação fosfatada sobre o conteúdo de N, de acordo com CHAPMAN & BROWN (15), FRANK & MARTIN (22) e INFORMACION TÉCNICA (28), é de antagonismo. Ocorre acúmulo de N nas folhas, havendo deficiência de P, embora elevado teor de P, acarreta baixo teor de N. Menores teores de N na m.s. de folhas de citros, causados por altas doses de P, foram determinados por HASS & BRUSCA (25), GALLO et alii (23) e SOUZA (55).

O teor de N, determinado na m.s. total das plantas do limoeiro 'Cravo', neste trabalho, apresentou comportamento semelhante para todas as fontes, concordando com os autores mencionados, ou seja, o teor de N na m.s., diminuiu com a aplicação de níveis crescentes de P ao substrato.

O maior nível de SS, de AF, de ST e de AA, apresentaram teores médios de N, menores que a testemunha em 28%, 18%, 41% e 36% res

pectivamente. Neste caso, a menor influência da adubação fosfatada sobre os teores de N na m.s. total, se deu com o AF, o qual possui o P numa forma mais simples e pura, enquanto que as outras fontes utilizadas, têm além do P, outros nutrientes, entre eles o Ca, que é também um nutriente que interfere na redução do teor do N na m.s. da planta (25, 23 e 55).

Quando se aplica N na forma níttrica, ocorre segundo RIVERO (45) uma correlação negativa entre P e N, o que pode ser devido a uma competição entre cargas, nada mais que o fenômeno do antagonismo. Neste trabalho, as adubações de cobertura foram realizadas, utilizando N na forma níttrica, o que pode contribuir para explicar o fato do P ter interferido no teor de N na m.s. total.

Outra possível causa do menor teor de N na m.s. total com aumento de P, pode ser provavelmente, devido ao fato das plantas terem atingido maior crescimento com a aplicação de níveis crescentes de P, ocorrendo assim o efeito da diluição, do N no tecido vegetal, pois o tratamento com AF em igual nível, apresentou pequena variação do teor de N, comparado à testemunha, embora tenha sido também onde as plantas atingiram menor crescimento.

Maiores teores de P na m.s. de folhas de plantas cítricas, com aplicação de doses crescentes de P, foram observados por BINGHAN et alii (9), GALLO et alii (23), SOUZA (55) e SILVA (52), sendo utilizado sob diferentes fórmulas. Resultados semelhantes foram constatados neste trabalho.

Aplicações de  $P_2O_5$  na forma de AF, apresentaram maiores teores de P na m.s. total, quando comparados aos níveis equivalentes

das demais fontes, sendo 195% maior que a testemunha, quando aplicado no maior nível. Isto talvez seja devido à maior disponibilidade de P no substrato, quando este for aplicado na forma de AF, já que é altamente solúvel, e ainda pela sua forma mais simples de absorção pelas plantas, o qual é prontamente disponível, quando aplicado.

A pequena resposta no teor de P na m.s. dos limoeiros, nas demais fontes em seus diferentes níveis, comparados à testemunha, pode dever-se ao fato destes níveis não terem atingido o máximo, sendo insuficientes para as condições em que foi desenvolvido o trabalho, embora todas as fontes em seu maior nível de aplicação, tenham proporcionado plantas com desenvolvimento vegetativo normal, o que não ocorreu com os níveis menores, ou então, devido serem formas de absorção mais demorada, ou ainda devido ao estágio de desenvolvimento das plantas, com as quais se trabalhou.

Os limoeiros adubados com SS, ST e AA na dose de 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, pelo aspecto de desenvolvimento vegetativo, que apresentaram, podemos considerar que estas plantas tiveram um estado nutricional padrão, levando a crer que os nutrientes, nestes casos, encontram-se nos seus teores ótimos para a situação em estudo, embora não tenha sido constatado um ponto de máximo, para todos os parâmetros avaliados.

Teores baixos de K na m.s. de folhas de plantas cítricas como consequência de aplicações de doses elevadas de P no solo, foram determinadas por BINGHAM et alii (9), GALLO et alii (23), YAMAMOTO & SAITO (61), e SOUZA (55), tendo o mesmo sido observado por MALAVOLTA (34), em várias espécies vegetais, além dos citros.

Neste trabalho, alguns resultados concordam com os autores, enquanto outros são discordantes. Quando se aplicou AF, notou-se um aumento no teor de K na m.s. total dos limoeiros, com o aumento do nível de  $P_2O_5$  aplicado, chegando no maior nível, a apresentar um teor de K 93% maior que a testemunha.

Este fato pode ser em razão daquelas fontes terem Ca na sua constituição, que por sua vez é antagônico ao K e, usando o AF que não tem Ca, não houve antagonismo. Como as plantas resultantes de todos os tratamentos com AF eram maiores que a testemunha, é de se esperar que apresentassem menor concentração de K, que a testemunha; no entanto, isto não ocorreu, o que pode ser devido ao suprimento de K e a capacidade de absorção do mesmo ter sido adequada a estes tratamentos, e, enquanto isto ocorrer, não haverá efeito de diluição do nutriente, com aumento de produção de m.s.total.

Os tratamentos com as demais fontes, apresentaram teores de K na m.s.total, iguais ao da testemunha em todos os níveis de  $P_2O_5$  aplicados, embora tenha havido uma tendência de diminuição dos teores de K, com o aumento dos níveis de SS, enquanto que com AA permaneceu inalterado. Com o aumento do ST aplicado, houve tendência de aumento de K na m.s.total dos limoeiros. Tal comportamento pode ser em função do Ca daquela primeira fonte, ser mais ativo que o existente nas outras duas, ocorrendo como inibidor do K naquela, à medida que foi elevado o nível de aplicação e ainda ter participado em maior quantidade.

Aumentos dos teores de Ca na m.s.total de plantas cítricas, provocado por aplicação de P em sementeira, foram constatados por

BINGHAN et alii (9) e YAMAMOTO & SAITO (61), o mesmo tendo sido observado por CHAPMAN & BROWN (15) GALLO et alii (23) e SOUZA (55), em plantas cítricas adultas desenvolvendo no campo.

Neste trabalho, o maior teor de Ca na m.s. total, ocorreu com a AA no maior nível, sendo 300% maior que a testemunha. Em todos os tratamentos houve aumento dos teores de Ca na m.s. total, com aumento do nível de  $P_2O_5$  aplicado, exceto aqueles tratamentos com AF, onde os teores de Ca mantiveram-se constantes e com valores semelhantes.

Este resultado pode ser devido ao AF não apresentar Ca em sua constituição, enquanto todas as outras fontes o possui em quantidade variável, sendo a AA a fonte que maior teor apresenta, já que os níveis foram equilibrados em termos de  $P_2O_5$  e não para teores de Ca, é evidente que esta fonte tenha à disposição das plantas, maior quantidade deste nutriente.

Para o caso do Mg, aumentos nos teores deste na m.s. de folhas de plantas cítricas, causados por aplicações de doses elevadas de P ao solo, foram verificadas por BINGHAN et alii (9), CHAPMAN & BROWN (15), YAMAMOTO & SAITO (61), SOUZA (55), EPSTEIN (20) e MALA - VOLTA (34), que mencionam haver uma associação sinérgica entre o P e o Mg. Entretanto HASS & BRUSCA (25) constataram o contrário, ou seja, adubação pesada de P provocou deficiência de Mg em laranjeiras submetidas a este tratamento.

Os resultados deste trabalho, mostraram que a aplicação de AF no maior nível, aumentou o teor de Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', em 26% comparado à testemunha, enquanto todos os demais tratamentos não apresentaram variação, comparados à mesma.

Esta observação deixa evidente que o P do AF foi o responsável pelo pequeno aumento de Mg que houve com esta fonte no maior nível aplicado, enquanto que, para as fontes onde existem outros nutrientes além do P em sua constituição, o nível de  $P_2O_5$  aplicado não chegou a interferir na concentração de Mg presente na m.s. total dos limoeiros 'Cravo'.

Apenas o AF no maior nível, apresentou concordância com o primeiro grupo de autores, o que pode ser devido terem trabalhado em condições diferentes destas.

Referente aos teores de S na m.s. dos limoeiros, pouca informação se dispõe na literatura, entretanto sabe-se que são poucos os casos de deficiência deste nutriente em lavouras, pois o mesmo pode ser fornecido indiretamente, através da matéria orgânica do solo, ou através de pulverizações com defensivos, e ainda pela inclusão deste nutriente em algumas fontes de adubo. No entanto, SANCHES (49), menciona ser o S, um nutriente requerido pelas plantas, em quantidades semelhantes ao P, embora sendo o SS usado em adubação, é o suficiente para o suprimento deste nutriente aos vegetais.

Neste trabalho, os maiores teores de S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', foram determinados nos tratamentos com SS. Quando este aplicadô no maior nível, o teor de S foi 280% maior que o da testemunha, concordando com a literatura consultada.

O tratamento com AA no maior nível, apesar de ter apresentado um teor de S na m.s. total, menor que todos os níveis de SS, foi o que apresentou maior teor entre todos os tratamentos das demais fontes, sendo 90% maior que o apresentado pela testemunha. É prová -

vel que tal comportamento do S quando foi usado o SS, seja devido esta fonte apresentar este nutriente em sua constituição, na ordem de 12%, o qual é praticamente ausente na AA e no ST, e totalmente ausente na constituição do AF.

Já tem sido comprovado pela literatura a influência do P sobre a absorção de micronutrientes, não só em plantas cítricas, como também em outras culturas. Menores teores de B, Cu e Zn na m.s. de folhas cítricas, foram encontradas por CHAPMAN & BROWN (15), FRANK & MARTIN (22), BINGHAN et alii (9) e KAMPFER e UEXKULL (29), em consequência da aplicação de doses elevadas de P ao solo sob a forma de SS.

De acordo com SANCHES (49), OLSEN et alii (42) e MALAVOLTA (33), a absorção iônica, além de ser influenciada por fatores do meio, é ainda influenciada por fatores ligados à própria planta. Pode ocorrer a presença de um ion interferindo na absorção de outro, situação na qual três fenômenos podem ocorrer, segundo EPSTEIN (20) e MALAVOLTA (33): antagonismo, sinergismo e inibição. No entanto, não se sabe bem ao certo, o local exato onde estas interações ocorrem, segundo OLSEN (39), constituindo portanto, num assunto muito controverso no meio científico.

Neste trabalho, resultados semelhantes aos mencionados, foram encontrados, quando do emprego das várias fontes fosfatadas, executando-se a AA, que teve o teor de Zn na m.s. total aumentado, quando foi elevado o nível desta fonte aplicado ao solo.

Os menores teores de B na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', foram encontrados quando empregou-se o maior nível de P, apresentar-

do comportamento semelhante para todas as fontes. Este comportamento provavelmente, seja devido a uma competição entre os ions, já que o P e o B são absorvidos como ânions. Segundo MALAVOLTA (33), entre P e Cu e entre P e Zn ocorre inibição não competitiva. MALAVOLTA (34) menciona ainda que as plantas cítricas são tidas como pouco eficientes em absorver Zn.

Outra possível causa que poderia explicar os menores teores de B, Cu e Zn na m.s. total das plantas tratadas com o nível mais elevado de P de todas as fontes, é a fixação do P na forma de complexos orgânicos. Pode ser ainda devido às plantas que receberam maior nível de P, tiveram maior crescimento e mais rapidamente também, com isto houve menor teor comparativo destes micronutrientes, por unidade de m.s. total, os quais não foram suplementados separadamente às plantas que mais cresceram.

Neste trabalho, os teores de Zn encontrados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', apresentaram comportamento concordantes com OLSEN (39) e BUCKMAN & BRADY (12) para o P sob a forma de SS, AF e ST quando o Zn diminuiu com o aumento do nível de P aplicado ao solo, tendo sua causa provavelmente, na interação existente entre P e Zn na planta, segundo OLSEN (39).

O maior teor de Zn na m.s. total dos limoeiros, foi determinado com AA aplicada no maior nível, sendo 58% maior que o apresentado pela testemunha. Este resultado foi constatado no tratamento que maior valor de pH apresentou, discordando desta forma com RIVERO(45) e MALAVOLTA (34), que mencionam haver uma relação entre o teor de Zn e o valor de pH, ou seja, elevando o pH do solo, diminui a concen

tração do Zn na solução, no entanto os resultados para as demais fontes são concordantes com estes autores.

Provavelmente, este comportamento seja devido a AA apresentar em sua constituição, além do P e Ca, características que beneficiam a maior concentração de Zn, fazendo com que seja aumentado o seu teor no tecido vegetal.

Quanto ao teor de Mn na nutrição de plantas cítricas, influenciada por aplicação de P, BINGHAM et alii (9) encontraram em seus trabalhos, que níveis elevados de P aplicados ao solo, fazem com que aumente o teor de Mn no tecido da planta, embora FRANK & MARTIN (22) obtivessem resultado contrário, mencionando que doses elevadas de P, têm prejudicado a nutrição de Mn nas plantas cítricas.

Neste trabalho, os teores de Mn na m.s. total dos limoeiros adubados com o maior nível de SS e ST, foram 42% e 30% respectivamente menor que aquele obtido com a testemunha. O uso do AF não mostrou nenhuma influência no teor deste micronutriente na nutrição dos limoeiros, sendo que resultados semelhantes foram conseguidos por SILVA (52) em trabalho de mesma linha de pesquisa.

Resultado inverso aos supra mencionados e concordantes com BINGHAN et alii (9), verificou-se quando o P foi aplicado na forma de AA, sendo que no maior nível, o teor de Mn na m.s. total, foi 151% maior que o obtido com a testemunha.

A obtenção de plantas cítricas vigorosas e de bom aspecto vegetativo, em função da aplicação de P ao solo na forma de SS, foi conseguida por BINGHAN et alii (9) e FRANK & MARTIN (22), trabalhando com plantas na fase inicial do ciclo e ainda por AROEIRA (5), SALIBE

(48) e SOUZA (55), trabalhando com plantas desenvolvendo em local definitivo.

No presente trabalho, todas as características de crescimento dos limoeiros 'Cravo', apresentaram crescimento linear para os níveis de P, das diferentes fontes aplicadas. Quando o SS foi usado, no maior nível, as características de crescimento mostraram valores superiores à testemunha em 158% e 320%, respectivamente, para a altura dos limoeiros aos três e seis meses pós-semeadura, e 51%, 888% , 707% e 795% respectivamente, para comprimento de raízes, peso da m.s. da parte aérea, peso da m.s. de raízes e peso da m.s. total, tomados seis meses pós-semeadura. Estas plantas apresentaram-se aptas para o transplante, pois segundo AROEIRA (5) e SALIBE (48), limoeiros destinados a p.e., com altura de 12 cm, podem ser submetidos ao transplante para viveiros.

O P aplicado ao solo sob a forma de AF, quando no maior nível, apresentou nas plantas todas as características de crescimento, com valores maiores que aqueles encontrados para a testemunha, com exceção do comprimento de raiz, que foi igual ao valor revelado por esta. Todas as outras características tiveram aumento de crescimentos lineares. Apesar dos aumentos, o peso da m.s. total revelou apenas 336% maior que a testemunha, valor muito inferior aos constatados nos demais tratamentos de igual nível, o que pode ser devido à influência de outros nutrientes presentes na constituição das outras fontes em estudo, e, ausente nesta.

Quanto aplicou-se o P na forma de ST, no maior nível, os aumentos nos valores das características, como altura dos limoeiros aos

três e seis meses pós-semeadura, comprimento de raízes, peso da m.s. de raízes, peso da m.s. da parte aérea e peso da m.s. total, avaliados seis meses pós-semeadura, comparadas à testemunha, foram de 128%, 301%, 58%, 792%, 880% e 835% respectivamente.

O maior valor de m.s. total do limoeiro 'Cravo', foi detectado com o ST no maior nível, sendo maior que SS, AF e AA em 4%, 114% e 21% respectivamente.

O P aplicado na forma de AA apresentou aumentos lineares nas características de crescimento avaliadas. Quando foi aplicado no maior nível, apresentou um aumento comparado à testemunha, relacionado a altura das plantas e peso da m.s. total, obtidas seis meses pós-semeadura de 296% e 672% respectivamente. Comportamento semelhante foi conseguido com as demais características estudadas, embora em menor proporção.

Se considerarmos apenas, altura de planta e peso da m.s. total, aos seis meses pós-semeadura, constatamos que os valores obtidos com o SS, ST e AA no maior nível, foram iguais entre si para a primeira característica e, praticamente igual para a segunda, sendo pequena a diferença da AA para as outras duas fontes comparadas.

O fato dos limoeiros 'Cravo' no maior nível de SS, ST e AA, terem atingido maior crescimento quando comparou-se aos demais níveis usados e à fonte AF, pode ser devido à presença do P e Ca nestas fontes, já que o substrato natural é carente destes nutrientes. Pode ser ainda devido à diminuição nos teores de  $Al^{+++}$  no mesmo, pois estes teores foram baixos conforme a classificação apresentada pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17), não

limitando a absorção dos nutrientes, enquanto que, os teores de P são considerados altos. Apesar do teor de P do AF ser idêntico aos demais, este pode ser de natureza diferente.

O adubo aplicado ao solo na forma de SS, além de conter o P que foi balanceado para todas as fontes, tem ainda a presença do Ca, S e outros em menor proporção onde o Ca, através de seu efeito indireto, desloca o  $Al^{+++}$  do complexo do solo, reduzindo o teor deste, em consequência reduzindo também a acidez do solo, devido à saturação do  $Al^{+++}$  e sua neutralização, através de reações com  $HCO_3^-$  e  $OH^-$  presentes na solução.

No caso de ST, que contém um maior teor de P solúvel em sua constituição, com pequena presença de Ca comparado ao SS e AA, a resposta das plantas, pode ser devido este ter-se tornado disponível com maior intensidade e em menor tempo, já que o Ca existente, tenha contribuído para isto, neutralizando o  $Al^{+++}$  da solução do solo e elevando o seu pH, favorecendo uma maior produção.

A boa resposta dos limoeiros ao uso da AA, deve-se também ao fato, deste, apesar de balanceado quanto ao conteúdo de P solúvel, conter alto nível de P total, que pode ser liberado lentamente, além do Ca e Mg também em alta proporção, que desloca o  $Al^{+++}$  do complexo do solo, neutralizando este e elevando o pH do mesmo, condição em que há maior aproveitamento pelas raízes das plantas, dos nutrientes adicionados ao solo.

A pequena resposta ao crescimento apresentada pela aplicação do AF em iguais níveis das demais fontes, pode ser em função deste material, não conter Ca em sua constituição e apesar de conter P pu-

ro, ser uma substância classificada como ácido fraco, segundo Pauling citado por FRANCO (21), que adicionado a um solo também ácido, pode ser altamente absorvido; no entanto, acarretar desenvolvimento retardado às plantas, possivelmente devido à ausência do Ca. O elevado teor de  $Al^{+++}$  determinado no substrato, pode estar interferindo na absorção dos nutrientes pelas raízes dos limoeiros.

Outra causa que pode ser atribuída ao não crescimento dos limoeiros que receberam o AF como tratamento, é o fato do baixo nível de Ca no solo, como consequência baixo teor na m.s.total. Não havendo Ca para deslocar o  $Al^{+++}$ , formou-se compostos de P - Al, com isso ficando prejudicada a nutrição da planta.

A altura das plantas, tomada seis meses pós-semeadura e o peso da m.s.total destas, aumentaram com aplicação de  $P_2O_5$  na forma de SS, AF e ST até  $1.280 \text{ g/m}^3$  do substrato utilizado, excetuando a AA para o caso da altura, que teve o valor  $1.274 \text{ g de } P_2O_5/\text{m}^3$  do substrato como ponto de máximo aumento, diferindo em apenas 6g de  $P_2O_5$  da quantidade máxima aplicada, sendo a única característica de crescimento avaliada, que mostrou resposta quadrática à aplicação de até  $1.280 \text{ g de } P_2O_5$ .

Pelo que foi observado e constatado com os limoeiros dos tratamentos SS, ST e AA no maior nível aplicado, parece estar os nutrientes em teores próximos ao ponto de ótimo, para aquelas condições, quando as plantas mostraram-se vigorosas e uniformes.

O nutriente P, é tido perante a literatura (47, 14, 23 e 43) como tóxico às plantas, desde que em níveis altos, pois ele tanto acelera como inibe os processos fisiológicos e bioquímicos das plan-

tas, assim como a absorção dos nutrientes, que entram na constituição e no desenvolvimento do vegetal. Neste trabalho, parece que os níveis usados não chegaram a causar danos tóxicos, embora possa ter influenciado a absorção de outros nutrientes.

## 6. CONCLUSÕES

Para as condições em que foram aplicadas diferentes fontes e níveis de fósforo em limoeiro 'Cravo' em vasos, pôde-se chegar às seguintes conclusões :

1. Os resultados considerados como próximos ao ponto de ótimo para a maioria das características avaliadas, foram obtidos quando se aplicou 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, para todas as fontes estudadas.
2. A aplicação de 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, nas diferentes fontes empregadas, promoveu :

a) na forma de superfosfato simples; maior teor de  $Ca^{++} + Mg^{++}$  no substrato. Tendência de maior altura dos limoeiros aos três e seis meses pós-semeadura e de maior peso de m.s. da parte aérea. Os limoeiros apresentavam-se aptos para o transplântio nesta época;

b) na forma de ácido fosfórico; menor teor de  $Ca^{++} + Mg^{++}$  no substrato; maior teor de P na m.s. dos limoeiros, sendo maior que o superfosfato simples, superfosfato triplo e apatita de Araxá em 170%, 215% e 160% respectivamente. Tendência de maior teor de K e Mg na

m.s. dos limoeiros;

c) na forma de superfosfato triplo; tendência de maior quantidade de m.s. de raízes e m.s. total, sendo respectivamente 10% e 5% maiores que os valores obtidos com o superfosfato simples. Os limoeiros apresentavam-se aptos ao transplântio seis meses pós-semeadura.

d) na forma de apatita de Araxá; maior teor de P e menor de  $Al^{+++}$  no substrato e maior teor de Mn e Zn determinado na m.s. total dos limoeiros. Tendência de maior valor de pH no substrato. Os limoeiros apresentavam-se aptos ao transplântio por ocasião destas determinações.

3. Os teores médios de macronutrientes e micronutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros, seis meses pós-semeadura, adubados com o maior nível de superfosfato simples, superfosfato triplo e apatita de Araxá, foram respectivamente : N-3,55%; 2,93%; 3,17%; P - 0,051%; 0,044%; 0,054%; K- 0,85%; 0,93%; 1,25%; Ca- 0,69%; 0,60% ; 0,92%; Mg-0,10%; 0,08%; 0,07%; S- 0,21%; 0,07%; 0,10%; B- 22,43 ; 23,81; 27,65 ppm; Cu- 6,66; 5,16; 6,00 ppm; Mn- 116,0; 138,0; 498,0 ppm; Zn- 16,81; 17,70; 30,82 ppm.

4. Para substratos com elevada acidez, sem correção da mesma, condição em que foi conduzido este trabalho, a apatita de Araxá, equiparou-se a fontes mais solúveis como o superfosfato simples e superfosfato triplo, quanto ao crescimento e composição mineral do limoeiro 'Cravo', devido ser considerado apenas para o  $P_2O_5$  solúvel.

5. O cálcio existente nas fontes de fósforo pode ser indiretamente o responsável pelos efeitos nos teores de  $Al^{+++}$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  e valores

de pH determinados no substrato, além dos teores de Ca da m.s. dos limoeiros, bem como, ao lado do P, responsável pelos aumentos nos valores das características de crescimento avaliadas.

6. O fósforo, quando aplicado na forma de ácido fosfórico, apesar de apresentar maior teor do nutriente na m.s. do limoeiro, não foi o responsável para proporcionar crescimento vigoroso aos mesmos, comparável ao obtido com o superfosfato simples, superfosfato triplo e apatita de Araxá, que contém Ca em sua constituição.

7. O fenômeno do antagonismo verificou-se na elevação do teor de Ca no substrato, com o SS, baixando o teor de K da planta, enquanto que para ST e AA, a variação foi muito pequena. Com aumento dos níveis de  $P_2O_5$ , obteve-se mais baixos teores de N, K, B e Cu na m.s. dos limoeiros, possivelmente devido ao efeito da diluição. O abaixamento do teor de K no solo foi ainda, devido ao maior crescimento das plantas, com o aumento da dose de P aplicada, sendo que o suprimento de K ao solo foi mantido constante.

## 7. RESUMO

A aplicação de fósforo na agricultura, tem sido largamente usada com a finalidade de suprir as plantas deste nutriente. O fósforo é comercializado sob diferentes formas, desde mais solúveis até fosfatos naturais de pouca solubilidade. Sob determinadas condições de solo, de clima, de exploração vegetal, uma determinada forma pode apresentar maior viabilidade do que outra, o que pode interferir na produtividade.

O presente trabalho teve como objetivo principal, determinar o efeito de diversas fontes e níveis de fósforo no crescimento e na nutrição em macro e micronutrientes do limoeiro 'Cravo', até a repicagem. Como objetivo secundário, avaliou-se o efeito das fontes e níveis de fósforo nos teores de minerais determinados no substrato, bem como nos valores de pH do solo. Foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais, no período de setembro de 1979 a março de 1980.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casuzalizados; com 17 tratamentos e seis repetições. Utilizou-se o superfosfato simples, o ácido fosfórico, o superfosfato triplo e apatita de Araxá, em cinco níveis de  $P_2O_5$ ; 0; 80; 160; 320 e  $1.280 \text{ g/m}^3$  de substrato que corresponde a 0; 35; 70; 140 e 560 ppm respectivamente.

Os resultados considerados como próximos ao ponto de ótimo para a maioria das características avaliadas, foram obtidos quando se aplicou  $1.280 \text{ g}$  de  $P_2O_5/\text{m}^3$  de substrato para todas as fontes estudadas. As características avaliadas foram : teores de P, K,  $Ca^{++} + Mg^{++}$  e  $Al^{+++}$ , bem como valores de pH determinados no substrato, além dos teores de N, P,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , S, B, Cu, Mn e Zn determinados na m.s. total. Avaliou-se ainda, os valores de crescimento como : altura das plantas, comprimento de raízes e pesos de matéria seca, todas estas, avaliadas aos seis meses pós-semeadura.

Para substratos com elevada acidez, sem correção da mesma , condição em que foi conduzido este trabalho, a apatita de Araxá , equiparou-se às fontes mais solúveis como o superfosfato simples e superfosfato triplo, quanto ao crescimento e composição mineral do limoeiro 'Cravo'.

O cálcio existente nas fontes de fósforo parece ser o responsável indireto pelas alterações nos teores de  $Al^{+++}$ ,  $Ca^{++} + Mg^{++}$  e pH determinados no substrato, além dos teores de Ca da m.s. dos limoeiros, bem como, ao lado do P, responsável pelos aumentos nos valores das características de crescimento avaliadas.

O fósforo quando aplicado na forma de ácido fosfórico, que não contém Ca, apesar de apresentar maior teor do nutriente na m.s. do

limoeiro, não foi o responsável para proporcionar crescimento vigoroso aos mesmos, comparável ao obtido com o superfosfato simples, superfosfato triplo e apatita de Araxá.

Os limoeiros adubados com 1.280 g de  $P_2O_5/m^3$  de substrato, nas formas de superfosfato simples, superfosfato triplo e apatita de Araxá, apresentavam-se aptos para o transplante, aos seis meses pós-  
-semeadura.

## 8. SUMMARY

EFFECTS OF SOURCES AND LEVELS OF PHOSPHORUS ON THE GROWTH AND NUTRIENT CONTENT OF PANGPUR LIME (*Citrus limonia* OSBECK ) IN POTS, TILL TRANSPLANTING.

Applying phosphorus in agriculture has been largely used to the effect of supplying plants. Phosphorus in commercialized under different forms, since the most soluble farms to the phosphate rocks with very little solubility.

Under certain soil, climate and vegetal exploitation a certain farm may show greater viability which may interfere on yield.

The present work was conducted with the main objective of determining the effect of several sources and levels of phosphorus on the growth and nutrient content of lemon tree 'Cravo' till transplanting.

As a secondary objective, the effects of sources and levels of phosphorus on mineral content were determined on the substrate,

as well as on the pH values of the soil.

This trail was conducted in a greenhouse at the Escola Superior de Agricultura de Lavras", in Minas Gerais state.

A complete randomized block design was employed, with 17 (seventeen) treatments and 6 (six) replicates.

Ordinary superphosphate, phosphoric acid, concentrated super phosphate and phosphate rocks at 5 (five) levels of  $P_2O_5$ ; 0; 80; 160; 320 and 1.280 g/m<sup>3</sup> substract.

The best results for almost all parameters studied ,were obtained for the P level of 1.280 g  $P_2O_5$ /m<sup>3</sup> substract.

To substracts owing strong acidity, without any correction , condition on which this work was realized, phosphate rocks was similar to the most soluble sources such as ordinary superphosphate and concentrated superphosphate in relation to the nutrient content of lemon tree 'Cravo'.

Calcium content of the sources of phosphorus in the reponsible for effects on of  $Al^{+++}$ ,  $Ca^{++}$  +  $Mg^{++}$  contents and pH determinated on the substract, as well as on the contents of Ca in the dry matter of lemon trees.

Phosphorus when employed as phosphoric acid, in spite of showing greater content of the nutrient in the dry matter of the lemon tree was not the responsible for the vigorous growth, comparable to those obtained with ordinary superphosphate, concentrated superphosphate and phosphate rocks.

Lemon trees with  $1.280 \text{ g P}_2\text{O}_5/\text{m}^3$  substrate as ordinary superphosphate, concentrated superphosphate and phosphate rocks presented in good performance for transplanting at six month after planting.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGROPECUÁRIA; resultados de 1977. Conjuntura Econômica, Rio de Janeiro, 32(2):1-62, fev. 1978. (Separata).
2. ALVIM, P. de T. & ARAÚJO, W.A. El suelo como fator ecológico en el centro-oeste del Brasil. Fitotécnica Latino Americana, Turrialba, 2:153-60, 1952.
3. AMARAL, J.D. Os cítricos. 2.ed. Lisboa, Clássica, 1977. 759p.
4. ARAÚJO, W.A. de; ILCHENKO, W. & SELLER, F.E.E. Sobre transformações de fosfato em diferentes solos do Estado de Minas. In : REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3, Recife, 1951. Anais... Rio de Janeiro, SBCS, 1951. v.1 p. 268-88.
5. AROEIRA, J.S. Fruticultura Geral. Viçosa, UREMG, 1960. 125 p.
6. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Manual de adubação. 2. ed. São Paulo, Ceres, 1975. 338 p.
7. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras - MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 67 p. (Tese Doutorado).

8. BIASI, J. Avaliação do fósforo relacionado a diversos extratores químicos em solo de Santa Catarina. Piracicaba. ESALQ, 1978. 181p. (Tese M.S.).
9. BINGHAM, F.T.; MARTIN, I.P. & CHASTAIN, J.A. Effects of phosphorus fertilization of Califórnia soils on minor element nutrition of citrus. Soil Science, Baltimore, 86(1):24-31 , July 1957.
10. BLACK, C.A. Soil plant relationships. 2.ed. New York, J. Wiley, 1967. 792p.
11. BOUMA, D. The effect of ammonium sulfate usage on the availability of soil phosphorus of citrus. Journal of Agricultural , 1960. Western Austrália, 11:292-303.
12. BUCKMAN, H.O. & BRADY, C.N. Natureza e propriedades dos solos . 4. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594p.
13. CAMPOS, S.J. A cultura dos citros. Campinas, CATI, 1976. 100p.
14. CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In:REUTHER W: & WEBER, H.J. The citrus industry. Berkeley, University of California, 1968. v.2, p. 127-289.
15. \_\_\_\_\_ & BROWN, S.M. The effects of phosphorus deficiency on citrus. Hilgardia, Berkeley, 14(4):161-81, Nov. 1941.
16. \_\_\_\_\_ & RAYNER, D.S. Effect of various maintained levels on phosphate on the growth, yield, composition, and quality of "Washington Navel" oranges. Hilgardia, Berkeley, 20(17):325 - 58, Jan., 1951.

17. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3<sup>a</sup> aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
18. DYNIA, J.F. Efeito do pH e da capacidade de retenção de fósforo dos solos na eficiência de adubos fosfatados. Porto Alegre, UFRGR. 1977. 61p. (Tese M.S.).
19. EMBLENTON, T.W.; JONE, W.W. & LABANAUSKAS, C.K. Leaf analyses and phosphorus fertilization of oranges. Califórnia Citrograph, Riverside, 56:101-24, 1971.
20. EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
21. FRANCO, M. Fosfatos naturais parcialmente acidificados com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HCl e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) em um solo de cerrado de Ituiutaba-MG. Viçosa, UFV, 1977. 64p. (Tese M.S.).
22. FRANK, T. & MARTIN, J. Effects of phosphorus on minor elements. Califórnia Citrograph, Riverside, 40(6):246-8, Mar. 1954.
23. GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O. & FRAGA JR., C.E. Composição inorgânica das folhas de laranjeira baianinha com referência à época de amostragem e adubação química. Bragantia, Campinas, 19(16):229-46, mar. 1960.
24. GROAMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. Cap. 6, p. 77-84.

25. HAAS, A.R.C. & BRUSCA, J.N. Valência fruit sizes increased. California Agriculture, Berkeley. 8(8):11-5, 1954.
26. HOAGRAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1950. 63p. (Bulletin 347).
27. HUME, H.H. Cultura das plantas cítricas. Rio de Janeiro, SIA 1952. 562p.
28. INFORMACION técnica. Agroquímica y tecnologia de alimentos, (A.T.A), Valência, 14(2):177-9, Junio, 1974.
29. KAMPFER, M. & UEXKULL, H.R. von. Nuevos conocimientos sobre la fertilization de cítricos. 3.ed. Hannover, Verlags Gesellschaft fur Ackerbau, 1966. 104p. (Boletim Verde, 1).
30. KORNDORFER, G.H. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre, UFRGS, 1978. 56p. (Tese M.S.).
31. Le ROUX, F.H. Effect of superfosfato on the growth of citrus seedlings in relation to its reactions with two acid soils. Fert. Soc. S. Afr. J. Fertilizer Abstracts, Bucks, 6(2):19-25. Feb. 1973.
32. LOTT, W.L.; GALLO, J.R.; MEDCALF, J.C. e NERY, J.P. A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. São Paulo, I.B.E.C. Research Institute, 1956. 40p (Boletim, 9).
33. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4.ed. São Paulo, Ceres, 1979, 256p.

34. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 254p.
35. \_\_\_\_\_. Manual de química agrícola; adubos e adubação. 2.ed. São Paulo, Ceres, 1967. 606p.
36. \_\_\_\_\_; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 727p.
37. MELO, F. Tolerância da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à saturação de alumínio, em condições de casa de vegetação, para solo sob cerrado. Lavras, ESAL, 1980. 56p. (Tese M.S.).
38. MENDES, J.F. Características químicas e físicas de alguns solos sob cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2. Sete Lagoas, 1967. Anais... Sete Lagoas, IPEACO, 1972. p.51-62.
39. OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDET, J.J. et alii. Micronutrients in agriculture. Madison, 1972. p. 243-61.
40. \_\_\_\_\_ & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.2, p.1035-58.
41. \_\_\_\_\_; BROWMAN, R.A. & WATANABE, F.S. Behavior of phosphorus in the soil and interactions with other nutrients. Phosphorus in Agriculture, Paris, 31(70):31-46. June 1977.
42. \_\_\_\_\_; KEMPER, W.D. & JACKSON, R.D. Phosphate diffusion to plant roots. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 26(3):222-7, Sept. 1962.

43. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 6.ed. São Paulo, Nobel, 1976. 430p.
44. REUTHER, W; SMITH, P.F. & SPECHT, A.W. Accumulation of the major bases and heavy metais in Flórida citrus soil in relation to phosphate fertilization. Soil Science, Baltimore, 73(1):371-81. July 1951.
45. RIVERO, I.M. del. Los estados de carencia en los agrios. 2.ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1968. 510p.
46. RODRIGUEZ, O. & GALLO, J.R. Levantamento do estado nutricional de pomares cítricos de São Paulo pela análise foliar. Bragantia, Campinas, 20(49):1183-202, dez. 1961.
47. ROY, N.R.; SEETHARAMAN, N. & SINGH, R.N. Fertilizer use research in India. Phosphorus in Agriculture, Paris 32(74):15-25 , Nov. 1978.
48. SALIBE, A.A. Curso de especialização em citricultura a nível de pós-graduação. 3.ed. Recife, UFRPE, 1977. 188p.
49. SANCHEZ, P.A. Soil fertility evolution. In: \_\_\_\_\_. Properties and management of soil in tropics. 2.ed. New York, J. Wiley, 1976. p.295-355.
50. SANTOS, M.G.M.F. Influência da cultivar e o nº de frutos dos ramos nos teores de nutrientes foliares de citros. Lavras, ESAL, 1980. 77p. (Tese M.S.).
51. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análise química em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

52. SILVA, J.U.B. Efeitos do superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento do limoeiro "Cravo" (*Citrus limonia* Osbeck) em vasos, até a repicagem, Lavras, ESAL, 1981 . 100p. (Tese M.S.).
53. SMITH, P.E. & REUTHER, W. Seasonal changes in valência orange trees. I. Changes in leaf dry weight, ash, and macro-nutrient elements. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Michigan, 55:61-72, 1950.
54. SOUZA, M. de. Adubação de plantas cítricas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 5(52):26-31, abril, 1979.
55. \_\_\_\_\_. Efeito do P, K e Ca no crescimento da parte aérea da laranjeira "Pera Rio" *Citrus sinensis* (L) Osbeck, em latossolo vermelho escuro fase cerrado. Piracicaba, ESALQ, 1976 . 132p. (Tese Doutorado).
56. SPIEGEL, R.N. Estatística. São Paulo, Mc Graw-Hill, 1976. 580p.
57. STEEL, R.G.D. & TORRIE, I.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 230p.
58. STWART, B.A. & PORTER, L.K. Nitrogen-sulfur relationship in wheat, corn and beans. Agronomy Journal, Madison, 61(2):267-71, Mar/Apr., 1969.
59. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedalogia e Fertilidade dos Solos, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).
60. WOODRUF, J.R. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the langmur isotherm and its relationship to

phosphorus availability. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29(10):148-50. July 1965.

61. YAMAMOTO, S. & SAITO, Y. Effect of diferencial supplies of ni - trogen, phosphorus and potassium on growth of citrus stock seedlings in sand culture V. *Citrus junos* Tanaka. Bulletin of the Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki, 17:74-83, 1970.