

GERALDO RODRIGUES COQUEIRO

EFEITO DO FOSFATO DE ARAXÁ, CALCÁRIO E GESSO  
SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE  
SERINGUEIRA (*Hevea* spp). EM CASA DE VEGETAÇÃO.

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS


LAVRAS - MINAS GERAIS

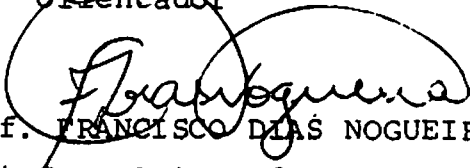
1 9 8 4

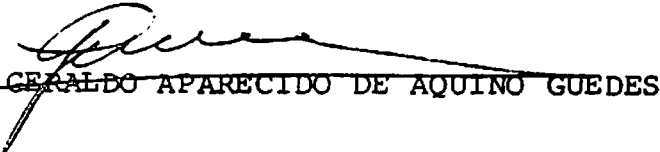


EFEITO DO FOSFATO DE ARAXÁ, CALCÁRIO E GESSO SOBRE O  
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SERINGUEIRA (*Hevea spp*),  
EM CASA DE VEGETAÇÃO.

APROVADA :

  
Prof. NELSON VENTORIM  
Orientador

  
Prof. FRANCISCO DIAS NOGUEIRA  
Co - Orientador

  
Prof. GERALDO APARECIDO DE AQUINO GUEDES

À minha esposa, SANDRA

À meu filho, THIAGO

À minha mãe e irmãos,

DEDICO ESTE TRABALHO.

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias do Pará e ao Convênio EMBRAPA/FCAP, pela oportunidade da realização deste curso.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, e em especial aos Departamentos de Agricultura e de Ciência do Solo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e ao Programa Integral de Capacitação do Docente - PICD, pela concessão de bolsas de estudo.

Ao professor Nelson Ventorim, pela valiosa e dedicada orientação, amizade e conhecimentos transmitidos.

Ao pesquisador da EMBRAPA/EPAMIG Francisco Dias Nogueira, pela eficiente orientação, estímulo e amizade.

Aos professores Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, Alfredo Scheid Lopes e Antônio Resende Soares, pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas a este trabalho.

Ao Departamento de Ciência do Solo, na pessoa do seu chefe o professor Victor Gonçalves Bahia, pela cessão de espaço no laboratório para as análises do substrato.

Ao pesquisador da EMBRAPA Afonso Celso Valois, pelo apoio e incentivo para realização deste curso.

Aos professores Paulo César Lima e Rubens Deli Veiga pela orientação das análises estatísticas.

Aos Eng<sup>os</sup> Agrônomos Paulino da Cunha e Vicente Gualberto, pela leitura e correções desse trabalho.

Aos funcionários dos laboratórios de química e física do Departamento de Ciência do Solo da ESAL, mais particularmente a Eng<sup>a</sup> Agrônomo Sônia Maria Botelho, pela ajuda na condução dos trabalhos de análises.

Ao Eng<sup>o</sup> Agrônomo Sidney Itauran Ribeiro, pela aquisição das sementes de seringueira.

Aos Eng<sup>os</sup>. Agrônomos Wladimir S.B. Dominghetti e Maria Rosa Monteiro, pelo companheirismo e amizade durante o período que passamos em Lavras.

Aos Eng<sup>os</sup>. Agrônomos Antônio Cláudio Davide, Antônio Carlos Torres e Marcelo Braghetta Camargo, pela amizade e convívio.

Ao Eng<sup>o</sup> Agrônomo José Oswaldo de Siqueira pela versão para o inglês.

Ao bibliotecário Dorval Botelho dos Santos e demais funcionários da Biblioteca Central, pelo auxílio no levantamento e escla

recimentos sobre as referências bibliográficas.

Aos colegas do curso de pós-graduação pelo convívio.

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

## BIOGRAFIA

GERALDO RODRIGUES COQUEIRO, filho de José Maria Gomes Coqueiro e Francisca Rodrigues Coqueiro, nasceu em São Luis do Maranhão, no dia 29 de março de 1945.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica, pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, em 1973.

Em janeiro de 1974 iniciou sua vida profissional trabalhando pelo Ministério da Agricultura, projeto SAGRI/MA, na área de defesa sanitária.

Em agosto de 1974 foi contratado pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, convênio EMBRAPA/FCAP, exercendo as funções de pesquisador nos programas de heveicultura no Estado do Pará.

Em março de 1980, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em janeiro de 1981, foi contratado pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, passando a exercer as funções de professor auxiliar daquela Instituição.



## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4.
2.1. Generalidades .....	4.
2.2. Características e propriedades dos solos sob vege- tação de "cerrado".....	5.
2.2.1. Características e propriedades físico-químicas.	5.
2.2.2. Principais fatores que limitam o crescimento das raízes de plantas.....	6.
2.3. Características de fertilizantes corretivos e seu comportamento no solo .....	7.
2.3.1. Fosfato de Araxá.....	7.
2.3.2. Calcário .....	9.
2.3.3. Gesso e outros sais.....	11.
2.4. Avaliação da disponibilidade de P do solo.....	13.
2.5. Adubação em plantas enviveiradas de seringueira..	16.

	Página
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18.
3.1. Material .....	18.
3.1.1. Substrato .....	18.
3.1.2. Planta .....	20.
3.1.3. Fertilizantes corretivos.....	20.
3.2. Métodos .....	21.
3.2.1. Delineamento experimental .....	21.
3.2.2. Tratamentos.....	21.
3.2.3. Instalação, condução e obtenção dos dados exper- imentais .....	22.
3.2.4. Análises estatísticas.....	27.
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29.
4.1. Propriedades químicas do solo .....	29.
4.1.1. Alumínio trocável e pH do solo .....	29.
4.1.2. Teores de cálcio, magnésio, enxofre e saturação de alumínio no solo .....	32.
4.1.2.1. Teores de cálcio .....	33.
4.1.2.2. Teores de magnésio .....	38.
4.1.2.3. Teores de enxofre .....	41.
4.1.2.4. Saturação de alumínio .....	41.
4.1.3. Fósforo .....	44.
4.2. Medidas de avaliação na planta.....	49.
4.2.1. Absorção dos macronutrientes pelas folhas e con- centração de Al na raiz.....	49.

4.2.2. Produção de matéria seca.....	52.
4.2.3. Altura e diâmetro .....	57.
5. CONCLUSÕES .....	61.
6. RESUMO .....	63.
7. SUMMARY .....	66.
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68.
APÊNDICE .....	78.

## LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Análises químicas das amostras do solo coletadas na camada arável de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. ESAL, Lavras-MG, 1983 1/.....	19.
2	Composição granulométrica e classificação textural das amostras do solo coletadas na camada arável de 0-20 cm antes da instalação do experimento. ESAL , Lavras-MG, 1983 1/.....	19.
3	Teores dos principais nutrientes nas amostras dos fertilizantes corretivos utilizados. ESAL, Lavras - MG. 1983 1/.....	20.
4	Quantidades de fosfato de Araxá, Calcário e Gesso , correspondentes a cada nível estudado. ESAL, Lavras -MG, 1983.....	21.
5	Combinações e doses de fosfato de Araxá, calcário e	

QUADRO	Página
	gesso correspondente a cada tratamento. ESAL, Lavras-MG, 1983..... 23
6	Épocas após plantio, nutrientes e respectivas concentrações aplicadas em cobertura, em plantas de seringueira. ESAL, Lavras-MG, 1982/83..... 25
7	Teores médios de Al trocável e pH, determinados, nas amostras dos substratos, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras, MG. 1983..... 30
8	Teores médios de Ca, na profundidade 0-15 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983..... 34
9	Teores médios de Ca, na profundidade 16-30 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983..... 35
10	Teores médios de Mg, na profundidade 0-15 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983..... 39
11	Teores médios de Mg, na profundidade 16-30 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983. 40

## QUADRO

## Página

12	Teores médios de S, na profundidade 0-15 cm do vaso , 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras- MG. 1983.....	42
13	Teores médios de S, na profundidade 16-30 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG . 1983.....	43
14	Percentagem de saturação de alumínio nas profundida - des do substrato, 15 meses após as aplicações de dife rentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso . ESAL, Lavras-MG, 1983.....	45
15	Coefficientes de correlação entre as quantidades to- tais de P absorvido (mg/vaso) e quantidades de P ex - traídas pelos métodos na profundidade 0-15 cm do vaso, para doses de P dentro das diferentes proporções de calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983.....	46
16	Teores médios de P extraído (ppm) pelo método Bray 1, na profundidade 0-15 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá , calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG. 1983.....	48
17	Valores médios de Ca, Mg e S acumulados na matéria seca das folhas de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de	

## QUADRO

## Página

	Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983.....	51
18	Valores médios de Al concentrados na matéria seca da raiz de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá , calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG, 1983.....	53
19	Peso médio da matéria seca das folhas de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso . ESAL, Lavras-MG, 1983.....	55
20	Coefficientes de correlação entre as quantidades totais de P absorvido (mg/vaso) na matéria seca de plantas de seringueira e os respectivos pesos da matéria seca total (g/vaso), para doses de P dentro das diferentes proporções de calcário e gesso. ESAL, Lavras, MG. 1983.....	56
21	Valores médios de altura e diâmetro de plantas de seringueira ( <i>Hevea spp</i> ), determinados 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá , calcário e gesso. ESAL, Lavras, 1983.....	59

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Teores de cálcio trocável no solo, profundidade 0-15 cm, em função de doses de fosfato de Araxá para combinação de calcário e gesso. Lavras, MG, 1983.....	37
2	Altura de plantas de seringueira, <i>Hevea</i> spp aos 12 meses de idade, em função das doses de fosfato de Araxá. Lavras, MG, 1983.....	60



## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo da seringueira nas principais regiões produtoras do país se dá quase que invariavelmente em solos de baixa fertilidade, fator este, limitante no que concerne à rentabilidade por área cultivada. Mesmo clones de alta produção não poderão oferecer bons rendimentos, se as deficiências nutricionais do solo não forem corrigidas mediante uma adubação racional.

Com o recente ingresso do Estado de Minas Gerais no Programa da Borracha, PROBOR III, torna-se promissor, nas áreas selecionadas ao plantio da seringueira, o uso de técnicas agrônômicas no tocante à obtenção de mudas vigorosas, sadias e aclimatadas. Aliado a estas características, o bom desenvolvimento de um seringal dependerá da sequência de fertilização no viveiro, na cova, e durante o desenvolvimento vegetativo das plantas.

Tem sido demonstrado que a adição de fertilizantes à base

de fósforo, contendo na fórmula pequena quantidade de nitrogênio e/ou potássio, acelera o crescimento de plantas enviveiradas e antecipa o período de enxertia, DIJKMAN (14). Também tem-se observado que fósforo é o elemento mais limitante ao desenvolvimento da seringueira nas regiões onde essa cultura está implantada, (14,20, 34).

O cultivo da seringueira no Sudeste Asiático encontra-se implantado em solos ácidos e, existem opiniões divergentes quanto ao efeito benéfico da calagem. No Brasil, o emprego de calcário como corretivo do solo em cultivos de seringueira é um assunto pouco estudado, muito controvertido, principalmente devido a resultados obtidos em outros países com solos diferentes dos brasileiros. Todavia, sabe-se que nas condições brasileiras a correção do solo com calcário ou outras fontes similares de cálcio é imprescindível e permite novas opções para o aumento da produtividade de diversas culturas.

No Brasil é desconhecido o uso de fosfatos naturais e gesso na fertilização de plantas de seringueira, bem como na adubação de seringais. Considerando as reservas de fosfatos naturais no Estado de Minas Gerais, a deficiência generalizada de fósforo em solos deste Estado e o custo elevado de fertilizantes fosfatados solúveis, é de extrema importância estudar alternativas para o emprego de fosfatos naturais, bem como a utilização do gesso, tendo em vista a grande disponibilidade desse material como subproduto das indústrias de fertilizantes fosfatados.

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar os efeitos

da combinação de fosfato de Araxá, calcário dolomítico e gesso :

- no crescimento de plantas de seringueira, avaliado pelo fósforo absorvido, matéria seca, altura e diâmetro do caule e,
- em algumas propriedades químicas em duas profundidades do substrato.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades

A seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) pertence à família euforbiaceae, sendo uma planta nativa da região Amazônica, por conseguinte, adaptada a seu "habitat" natural. Nessa região desenvolvem-se unidades pedológicas variadas, com características e propriedades diversas, englobando solos extremamente pobres ou de elevada riqueza química, FALESI (17), suportando uma maior ou menor densidade populacional dessa cultura.

As baixas exigências edáficas, aliadas à disponibilidade de terrenos impróprios a outras culturas exigentes, tais como café e cacau, têm justificado a rápida difusão da seringueira no mundo, SILVA (58). No Brasil, a cultura da seringueira já ultrapassou as fronteiras do seu "habitat" natural, expandindo-se atualmente pelos

Estados da Bahia, São Paulo, Espírito Santo e Maranhão, CARDOSO (10). Nesses Estados, estudos de CAMARGO (8) têm demonstrado o vasto potencial da seringueira em condições diferenciadas de solos e climas.

Ainda que adaptada a solos relativamente pobres, a seringueira tem respondido bem à aplicação de fertilizantes e extrai quantidades elevadas de nutrientes, GEUS (20). É possível que esta planta consiga suprir as suas exigências nesses solos, devido possuir um sistema radicular muito desenvolvido, MIRANDA et alii (34). Todavia, não se negligencia o fato dessa cultura preferir solos profundos, permeáveis e de boa capacidade de retenção de umidade, SILVA (58).

Em relação à nutrição mineral da seringueira, vários trabalhos (14, 20 57) têm procurado avaliar as exigências nutricionais dessa cultura, especialmente de seringais em produção. De acordo com Haag et alii, citados por DUTRA (15), a absorção total de nutrientes por um seringal de 12 meses de idade ocorre na ordem decrescente, N, K, Ca, Mg, P, S, Mn, Fe, B, Zn, Cu.

## 2.2. Características e propriedades dos solos sob vegetação de "cerrado"

### 2.2.1. Características e propriedades físico-químicas

Cerca de 20% do território nacional é coberto pela vegetação de cerrado. Embora ocorram muitas variações de tipos de solos

nessa região, suas características químicas evidenciam baixa fertilidade natural generalizada entre os mesmos, LOPES (30) e RANZANI (46). A baixa fertilidade é consequência de vários fatores entre os quais se destacam o baixo pH, baixa capacidade de troca catiônica, alta capacidade de fixação de P, a toxidez de Al e a escassez generalizada de nutrientes, especialmente P, Ca e Zn, MIRANDA et alii (35).

No aspecto da física do solo, ao contrário das características e propriedades químicas, os solos sob vegetação de cerrado não têm mostrado limitações agrícolas em seu estado natural. Afora os índices de disponibilidade de água, os quais estão ligados a fatores do solo e clima, os demais parâmetros físicos são, geralmente, adequados ao cultivo, tais como uma excelente profundidade, boa agregação, alta permeabilidade, LOPES (29) e RANZANI (46).

Nestes solos, nota-se grandes restrições no tocante à retenção de umidade e disponibilidade de água para as culturas nos períodos "secos", em função da predominância de argilas de baixa atividade, especialmente caulinita e gipsita, LEAL & VELOSO (28).

#### 2.2.2. Principais fatores que limitam o crescimento das raízes de plantas

A alta probabilidade de ocorrência de "veranicos" no período das chuvas, aliada à baixa capacidade de retenção de umidade, fazem com que o grau de risco para muitas culturas agronômicas sem irrigação, seja extremamente elevado na área sob vegetação

de "cerrado", LOPES (29). Inerente ao solo, tem-se o agravamento do problema devido à acidez elevada, alta saturação de alumínio e baixos níveis de cálcio, especialmente em camadas subsuperficiais do solo, LOPES (30). Esses fatores em conjunto não permitem o aprofundamento do sistema radicular das culturas implantadas, por conseguinte, limitam a exploração mais profunda do solo no tocante à água e nutrientes minerais, RITCHEY et alii (51).

Fisiologicamente, raízes de plantas requerem uma saturação de alumínio até 30% aproximadamente (baixa atividade de  $Al^{+++}$ ) e um teor mínimo de  $Ca^{++}$  em solução do solo para que se desenvolvam normalmente, RITCHEY et alii (49). A concentração elevada de íons  $Al^{+++}$  pode, juntamente com  $H^+$ , concorrer com os sítios de troca catiônica, diminuindo a CTC das raízes, bem como alterar a estrutura e permeabilidade da membrana citoplasmática de células radiculares, LANCE & PEARSON (27).

A elevação da concentração de  $Ca^{++}$  e de P diminui os efeitos prejudiciais do Al sobre a planta, LUND (31), LANCE & PEARSON (27).

## 2.3. Características de fertilizantes corretivos e seu comportamento no solo.

### 2.3.1. Fosfato de Araxá

Segundo Gramillion e Lehr, citados por KAMINSKI (25), o fosfato de Araxá é essencialmente uma hidroxifluorapatita, com

pequena substituição de fosfato por carbonato. É um mineral bem cristalizado, essencialmente hexagonal, de natureza não porosa, por isso de baixa solubilidade, mesmo em solução de HCl a 12%.

Dentre as propriedades do solo que interferem a solubilização dos fosfatos naturais, o pH e a capacidade de sorção de P são as mais estudadas. Assim, o baixo pH do solo influenciaria na solubilização do fosfato natural, pois proporciona íons  $H^+$  para sua acidulação, fazendo aumentar a velocidade de solubilização, sendo que esta é satisfatória a valores de pH abaixo de 6, KAMINSKI (25). Desse modo, a calagem antecipada à aplicação de fosfatos naturais prejudica a solubilização da rocha. O nível de  $Al^{+++}$  trocável no solo tem efeito sobre a solubilização do fosfato natural, BRAGANÇA (6), podendo atuar de maneira indireta na solubilização da rocha, mediante um condicionamento do pH do solo.

A capacidade de retenção de P pelo solo é responsável pela imediata retirada dos íons fosfato da solução do solo, criando um gradiente de concentração  $H_2PO_4$ , favorecendo a solubilização do fosfato natural. Tal propriedade do solo geralmente é acompanhada por baixos teores de  $Ca^{++}$  trocável, o que determinaria uma demanda do solo por esse íon, favorecendo ainda mais a solubilização do fosfato, CHU et alii (11).

Porém, a eficiência agrônômica dos fosfatos naturais depende da reatividade da rocha, tipos de solos e culturas. Assim, a solubilização da apatita ocasionará a concomitante dissociação do  $Ca^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$  e  $F^-$  e, em menor extensão, dos íons introduzidos pe-



la substituição isomórfica, especialmente  $Mg^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$  e  $OH^-$ , KAMINSKI (25). Esse autor, baseado em relatos de Khasawneh e Doll, enumera os seguintes fatores relacionados ao processo de solubilização das rochas fosfatadas naturais: gradiente de pH; gradiente de p (Ca), onde a solubilidade aumenta com o decréscimo da atividade do  $Ca^{2+}$  na solução do solo; gradiente de  $p(H_2PO_4^-)$  na solução do solo; grau de substituição do  $PO_4^-$  pelo  $CO_3^{2-}$  no mineral da apatita, aumentando a solubilidade a valores de pH abaixo de certos níveis. Espécies de plantas que demandam diferentes quantidades de  $H_2PO_4^-$  e  $Ca^{2+}$  também interferem de maneira diversa no processo de solubilização dos fosfatos naturais, Aguilar & Van Diest, citados por KAMINSKI (25), podendo ainda as condições microbiológicas do solo exercer funções semelhantes, KAMINSKI (25).

### 2.3.2. Calcário

Desde que a grande maioria dos solos sob vegetação de cerrado apresenta acidez elevada, alta saturação de alumínio e baixa disponibilidade de  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ , a adição de calcário tem por finalidade melhorar essas propriedades químicas dos mesmos, LOPES (30).

Vários parâmetros do solo servem de base para determinar quantidades de calcário para manter os níveis de  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ , saturação de alumínio e pH numa faixa adequada para a maioria das culturas a serem implantadas nos solos ácidos. Com base nos trabalhos de LOPES (29), LOPES (30) e MIRANDA et alii (35), os quais sintetizaram as conclusões de um grande número de resultados experimen -

tais, verifica-se que os métodos de calagem mais promissores para esses solos são aqueles que elevam os valores de pH para a faixa 5,5 - 6,5 e uma saturação máxima de alumínio de 20%.

Por outro lado, no tocante a determinadas culturas adaptadas a solos ácidos, como exemplo a mandioca e a seringueira, as mesmas se mostram adaptadas a pH mais baixo, a saturação de alumínio mais elevada e a mais baixos níveis de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , relativamente à maioria das culturas (14, 20, 35).

Assim, uma maior ou menor dose de calcário aplicado promoveria alterações na reação e composição química do solo, modificando também a disponibilidade dos nutrientes, MALAVOLTA (32).

O fósforo nativo, ou aquele aplicado na forma de fosfatos solúveis, apresenta maior disponibilidade com a elevação dos valores de pH. Todavia, para fosfatos naturais, a calagem, por elevar o pH, diminui a reatividade dos mesmos no solo, RAIJ et alii (44). Esses autores acrescentam o fato de que, para culturas tolerantes à acidez, há necessidade de aplicações de calagens leves para suprir  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , mesmo que isso venha afetar ligeiramente a eficiência dos fosfatos naturais.

Segundo Juo e Ellis, citados por TANAKA (63), quando o P solúvel é aplicado em solos ácidos ou quando o Ca - P é dissolvido durante o processo de intemperismo químico, acredita-se que o P solúvel seja precipitado rapidamente para a forma coloidal Al-P e Fe-P. Devido a uma maior superfície específica e estrutura amorfa dessas formas, as mesmas liberam o P rapidamente às plantas. Mas esses fosfatos coloidais tendem a cristalizar-se para formar com

postos hidratados, tais como variscita e strengita, as quais apresentam menor disponibilidade do P.

CANTARUTTI et alii (9) trabalhando com Latossolo argiloso, ácido e com alta saturação de alumínio, constataram que, para o fosfato de Araxá, a incubação por 30 dias no solo, antecedendo a calagem com o plantio, forneceram os maiores rendimentos de matéria seca e P absorvido pela planta teste. Quando o fosfato e calcário foram co-aplicados e incubados por 30 dias antecedendo o plantio, os resultados foram ligeiramente inferiores ao primeiro caso. Mas se a aplicação de ambos se deu junto com o plantio, os resultados foram inferiores, o que foi atribuído ao efeito inibidor do calcário sobre a ação da acidez do solo na solubilização do fosfato. Já o uso de somente fosfato incubado por 30 dias antecedendo o plantio, mostrou-se ineficiente no suprimento de P, possivelmente porque os efeitos tenham sido comprometidos pela acidez do solo sobre as plantas.

### 2.3.3. Gesso e outros sais

O gesso é essencialmente um sal neutro que, quando aplicado ao solo se dissocia rapidamente em  $\text{Ca}^{++} + \text{SO}_4^{--}$ , não apresentando efeito de imediato no pH do solo. Entretanto, esses íons dissociados modificam as propriedades do solo, RITCHEY et alii (51). Os ânions  $\text{SO}_4^{--}$  normalmente não são retidos na mesma magnitude de fosfatos, ainda que os mecanismos de retenção obedecem sempre às mesmas isotermas, COUTO et alii (13). Óxidos de Fe e de Al, na presença de baixos teores de matéria orgânica e baixos índices

de pH, são capazes de reter íons sulfato, pois possuem componentes de carga positiva nessas situações, COUTO et alii (13). Assim, parte dos íons sulfato liberados ao solo com a adição de gesso é retido pelas argilas, em reação de troca entre  $\text{OH}^-$  ligado aos óxidos e  $\text{SO}_4^{--}$  em solução, promovendo ligeiros aumentos de pH e, conseqüentemente, aumentos na carga negativa, CTC e retenção de bases pelo solo, RAJAN (45) e PARFITT & SMART (37). Outra parte dos íons sulfato lixivia-se em profundidade, arrastando cátions considerados como pouco móveis no solo, PAVAN et alii (38).

Com o processo de lixiviação de cátions, especialmente  $\text{Ca}^{2+}$ , para camadas profundas do solo pelos íons sulfato, ocorre uma conseqüente redução da saturação de alumínio em profundidade, como observado por PAVAN et alii (38), o qual verificou uma redução de 65% para 35% na saturação de alumínio, trabalhando com um oxisol em colunas de solo reconstruído. Todavia, gesso aplicado à superfície, ainda que promova redução da atividade do  $\text{Al}^{+++}$  no solo o qual é tóxico às culturas, tem a peculiaridade de provocar um desbalanço de bases mediante adição de  $\text{Ca}^{++}$  e lixiviação de outros cátions como  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{++}$  no perfil do solo, RITCHEY et alii (50) e PAVAN et alii (38).

Ademais, outros ânions, tais como  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$  adicionados ao solo como fertilizantes solúveis, à semelhança dos íons sulfato, são capazes de promover movimentação de cátions em profundidade no perfil do solo, PLEYSIER & JUO (41).

O processo de lixiviação é intensificado com a aplicação de sais fertilizantes e/ou corretivos que contêm esses ânions mó -

veis. No caso específico do gesso, o íon  $\text{Ca}^{++}$  promove substituições no complexo sortivo do solo, liberando  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , os quais juntamente com íons  $\text{Ca}^{++}$  acompanham os radicais  $\text{SO}_4^{--}$  na movimentação em profundidade, PLEYSIER & JUO (41), RITCHEY et alii (50) e PAVAN et alii (38).

Fertilizantes nitrogenados em formas amoniacais, tais como sulfato de amônio e uréia têm efeito direto em reduzir o pH do solo, mediante o processo de nitrificação por microorganismos do solo e, um possível efeito indireto em arrastar bases para camada superficial, principalmente se as condições do solo são propícias à lixiviação, WEIR (67).

Ademais, cloreto e nitratos de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^{++}$  são muito solúveis e estes ânions não apresentam reações específicas com partículas do solo, movimentando-se com relativa rapidez através do perfil, RITCHEY et alii (50).

#### 2.4. Avaliação da disponibilidade de P do solo

A procura de um extrator de P do solo coerente com todas as fontes de P utilizadas, tem sido intensificada nos últimos anos em todas as instituições de pesquisa do país. Embora os métodos de análise de P em solos em uso no Brasil sejam satisfatórios, eles apresentam duas falhas principais. Uma delas se manifesta para análise de solos argilosos, com destaque para algumas "terras roxas", nos quais, apesar de aplicações elevadas de fosfatos solúveis, os teores de P no solo permanecem muito baixo ou baixo, mesmo em ca-

so em que as culturas não mais respondem à adubação fosfatada . A segunda falha manifesta-se para análise de solos que receberam aplicações de fosfatos naturais, muitas vezes inertes no solo, mas que são dissolvidos pelos extratores ácidos empregados para análise de P em solos, indicando teores altos, às vezes, quando a planta apresenta deficiência aguda do elemento na solução do solo , RAIJ et alii (44) .

O método de Mehlich, utilizado para determinar o P "disponível" na maioria dos laboratórios de análise de rotina, tem superestimado os valores de P do solo, quando se usam fosfatos de rocha na adubação, RAIJ et alii (44) e KOCHHANN et alii (26) .

De acordo com SFREDO et alii (56), com a utilização crescente de fosfatos naturais na agricultura brasileira, torna-se necessário novas pesquisas de laboratório, tentando encontrar um método de extração de P do solo que apresente alta correlação com o fósforo extraído pelas plantas, independente da solubilidade do fosfato empregado.

Numa revisão de literatura sobre "seleção" de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de P em solos, RAIJ (43) relata que o de Olsen se destaca dos demais por sua superioridade e versatibilidade em diferentes condições de solos. Os métodos Bray-1, Bray-2, Mehlich, Truog e Morgan parecem ser menos eficientes em solos alcalinos e calcários. Segundo esse autor, devido ao emprego crescente de fosfatos naturais no país, o uso de soluções ácidas que dissolvam apatita tende a ser restrito ( possível

exceção ao Bray-1). Seriam preferíveis, no caso, soluções extratoras eficazes em dissolver os fosfatos de alumínio, como Bray-1, a resina trocadora de ânions e o método de Eisen.

Segundo Braga, Thomas & Peaslee, citados por KAMINSKI (25), extratores ácidos aumentariam a solubilidade do Ca-P, inclusive apatitas, embora em menor extensão pudesse remover o Al-P e Fe-P. Íons bicarbonatos teriam a propriedade de abaixar a atividade do íon  $\text{Ca}^{2+}$  pela precipitação na forma de  $\text{CaCO}_3$ , solubilizando o Ca-P mas, ainda, removeriam o Al do fosfato, provavelmente pela precipitação do cátion como hidróxido de Al, porém, não teriam ação sobre o Ca-P básico, apatitas. Os íons fluoreto teriam ação sobre Ca-P mais solúvel, CaHOP., e sobre o Al-P, pois complexariam os cátions. A ação dos íons fluoreto e bicarbonato seria semelhante, mas aquelas reagiriam mais vigorosamente, removendo frações não disponíveis para  $\text{HCO}_3^-$ . Os íons acetato e sulfato, sem acompanhamento de  $\text{H}^+$ , teriam pequena habilidade em remover os fosfatos pela formação de complexos fracos com metais polivalentes, mas teriam utilidade na prevenção de readsorção de fosfato por outros íons durante a extração.

O método para avaliar a disponibilidade de P no solo tem sido julgado pelos coeficientes de correlação entre os teores de P extraídos nos mais diversos tipos de solos e a produção vegetal ou absorção do elemento pela planta, aliado à adaptabilidade do mesmo em análise de rotina de laboratório, BRAGA & YAHNER (5).

## 2.5. Adubação em plantas enviveiradas de seringueira

O período de tempo necessário para que plantas de seringueira estejam aptas à "enxertia verde" é tido quando as mesmas apresentam um diâmetro do caule em torno de 0,8 cm, medido a 5 cm do solo, SANTOS (54). Isso poderá ser conseguido, mediante a adubação das plantas enviveiradas, pois a melhoria das condições do ambiente nessa fase é de muita importância, VALOIS & BERNIZ (64).

No Brasil, as informações que se tem sobre a fertilização de plantas de seringueira são quase que totalmente baseadas em resultados obtidos em Centros de Pesquisas do Sudeste Asiático.

Avaliando-se trabalhos conduzidos em diferentes centros de pesquisas de países produtores de borracha natural e com base nas formulações de fertilizantes recomendados a nível nacional, nota-se que o fósforo é o nutriente que mais limita o desenvolvimento da seringueira em fase de viveiro (14, 20, 36, 42, 47, 48, 64, 66), merecendo cuidado especial nas formulações de fertilizantes, sem desprezar a importância de um balanço desse nutriente com nitrogênio e potássio nessas fórmulas, DIJKMAN (14).

REIS et alii (47), estudando os efeitos de N, P, K e calagem em plantas enviveiradas de seringueira verificaram efeito significativo somente para fósforo e potássio, o qual ocorreu aproximadamente ao 12º mês de idade das plantas, abreviando a época de enxertia.

A variabilidade genética em plantas de seringueira oriundas de sementes não clonais pode justificar a ausência de efeitos signi



ficativos para alguns nutrientes em fase de viveiro. Assim, PRADO & MORAIS (42) que trabalharam com sementes não clonais, não verificaram efeito significativo de nutrientes N, P, K e calagem no diâmetro das plantas aos 8 meses de idade. Esses autores justificaram esse fato pela variabilidade das plantas utilizadas e/ou o pequeno espaçamento empregado, o qual provocou um crescimento excessivo em detrimento do diâmetro do caule das plantas.

Ademais, as quantidades de nutrientes requeridos para a fase de viveiro têm variado com o tipo de solo e práticas de manejo, VALOIS & BERNIZ (64) e SANTANA et alii (52).

Ainda que plantas de seringueira se mostrem tolerantes às altas concentrações de alumínio em solução nutritiva, SANTANA et alii (53), alguns pesquisadores justificam a baixa ou ausência de resposta a N, P, K em alguns experimentos por não aplicar calcário nos mesmos, RIBEIRO (48), VALOIS & BERNIZ (64).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, no período de dezembro de 1981 a março de 1983. A cidade de Lavras está localizada na região Sul do Estado de Minas Gerais, a  $21^{\circ}14'$  de latitude Sul e  $45^{\circ}00'$  de longitude oeste e situada a uma altitude de 900 m, IBGE (23). A região apresenta um clima do tipo Cwb, de acordo com a classificação de Köppen, citado por BAHIA (3).

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Substrato

Utilizaram-se amostras superficiais da camada 0-20 cm de um solo do município de Lavras-MG, retiradas de uma área não cultivada anteriormente. O solo utilizado pertence à unidade taxonômi-

ca Latossolo Vermelho-Escuro Epiâlico, textura muito argilosa, fase cerrado (LEar), segundo Curi\*. Cinco amostras do referido solo foram coletadas, inicialmente, para as análises químicas e físicas cujos resultados figuram nos Quadros 1 e 2, respectivamente.

QUADRO 1 - Análises químicas das amostras do solo coletadas na camada arável de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. ESAL, Lavras-MG, 1983<sup>1/</sup>

pH em H <sub>2</sub> O	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K	P	S	MO <sup>2/</sup>	Sat. Al <sup>+++</sup>
	---- meq/100cm ----			----- ppm -----			----- % -----	
5,30	0,40	0,64	0,30	82,33	1,60	35,24	3,93	74

<sup>1/</sup> Análises realizadas no Instituto de Química "John Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

<sup>2/</sup> Determinado pelo método de Walkley-Black, segundo ALLISON (1).

QUADRO 2 - Composição granulométrica e classificação textural das amostras do solo coletadas na camada arável de 0-20 cm antes da instalação do experimento. ESAL, Lavras-MG, 1983 <sup>1/</sup>.

Areia	Argila	Limo	Densidade do Solo	Classe Textural <sup>2/</sup>
----- % -----			----- g/cm <sup>3</sup> -----	
21,0	67,30	11,06	1,08	Muito argiloso

<sup>1/</sup> Análises realizadas pelo Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

<sup>2/</sup> Segundo a SBCS (59)

\* Curi, N. Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

### 3.1.2. Planta

Utilizaram-se sementes recém-colhidas de seringueira (*Hevea* spp), provenientes de seringais nativos da Amazônia, fornecidas pela Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE), Porto Velho - RO.

### 3.1.3. Fertilizantes corretivos

Como fertilizantes corretivos utilizaram-se o fosfato de Araxá, calcário dolomítico e gesso. No Quadro 3 são apresentados os resultados das análises dos mesmos.

QUADRO 3 - Teores dos principais nutrientes nas amostras dos fertilizantes corretivos utilizados. ESAL, Lavras-MG. 1983 <sup>1/</sup>

Fertilizantes Corretivos	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	S	P.R.N.T.
	%				
Gesso	0,50 <sup>2/</sup>	26,36	1,21	15,0	50,10
Calcário Dolomítico	-	49,35	19,75	-	122,37
Fosfato de Araxá	5,34 <sup>3/</sup>	25,79	-	-	-

<sup>1/</sup> Análises realizadas no Instituto de Química "John Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

<sup>2/</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total.

<sup>3/</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 2%, relação 1:100.

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 5) com 6 repetições, perfazendo um total de 150 parcelas. Cada unidade experimental foi constituída por um saco de polietileno preto, com dimensões de 35 x 50 cm, sem perfurações, com capacidade para 12 kg de solo, no qual foi mantida uma planta.

#### 3.2.2. Tratamentos

Os tratamentos constaram de 5 doses de fósforo na forma de fosfato de Araxá, respectivamente, 0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha de  $P_2O_5$ ; e, 5 doses de corretivos na forma de misturas de calcário dolomítico e gesso (Quadro 4). Todos os tratamentos receberam uma adubação básica com uréia, cloreto de potássio e micronutrientes.

QUADRO 4- Quantidades de fosfato de Araxá, Calcário e Gesso, correspondentes a cada nível estudado. ESAL, Lavras-MG, 1983.

Doses	Fosfato de Araxá	Calcário	Gesso
	g/vaso		
0	0,0	0,0	0,0
1	4,90	10,24	0,0
2	9,80	0,00	19,17
3	14,70	3,38	12,84
4	19,60	6,86	6,32

As misturas de corretivos foram representadas pela seguintes proporções :

$Ca_0g_0$  - Ausência de calcário e gesso

$Ca_1g_0$  - 100% de calcário e ausência de gesso

$Ca_3g_6$  - 33% de calcário e 67% de gesso

$Ca_6g_3$  - 67% de calcário e 33% de gesso

$Ca_0g_1$  - Ausência de calcário e 100% de gesso

As doses de corretivos (calcário e gesso) foram estabelecidas considerando os teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, determinados pela análise química do solo (Quadro 1), constando de quantidades de calcário e gesso contendo teor de óxidos de cálcio equivalente a uma calagem normal, calculada de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS(12). As doses do gesso foram calculadas de maneira a igualar o teor de óxidos de cálcio deste com o calcário dolomítico.

No Quadro 5, figuram as combinações e doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso, correspondentes a cada tratamento.

### 3.2.3. Instalação, condução e obtenção dos dados experimentais.

O solo que constituiu o substrato foi peneirado em malha de 5 mm e transportado para um terreiro com piso de cimento, separado em 3 porções de 600 kg para homogeneização.

Cada unidade experimental foi constituída por uma porção



QUADRO 5 - Combinações e doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso correspondentes a cada tratamento. ESAL, Lavras - MG, 1983.

TRATAMENTOS	CALCÁRIO	GESSO		FOSFATO DE ARAXÁ
		g/vaso <sup>1</sup>		
1 Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0,00	0,00		0,00
2 Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	0,00	0,00		4,90
3 Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	0,00	0,00		9,80
4 Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	0,00	0,00		14,70
5 Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>4</sub>	0,00	0,00		19,60
6 Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	10,24	0,00		0,00
7 Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	10,24	0,00		4,90
8 Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	10,24	0,00		9,80
9 Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	10,24	0,00		14,70
10 Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>4</sub>	10,24	0,00		19,60
11 Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	0,00	19,17		0,00
12 Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	0,00	19,17		4,90
13 Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	0,00	19,17		9,80
14 Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	0,00	19,17		14,70
15 Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>4</sub>	0,00	19,17		19,60
16 Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>0</sub>	3,38	12,84		0,00
17 Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>1</sub>	3,38	12,84		4,90
18 Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>2</sub>	3,38	12,84		9,80
19 Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>3</sub>	3,38	12,84		14,70
20 Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>4</sub>	3,38	12,84		19,60
21 Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	6,86	6,32		0,00
22 Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	6,86	6,32		4,90
23 Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	6,86	6,32		9,80
24 Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	6,86	6,32		14,70
25 Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>4</sub>	6,86	6,32		19,60

<sup>1/</sup> 11,293 kg de substrato.



de 11,293 kg de solo seco colocado em saco de polietileno. Os fertilizantes corretivos foram incorporados nos 10 primeiros centímetros da camada superior do substrato para cada unidade experimental. Em seguida, os vasos foram levados para o interior da casa de vegetação e distribuídos ao acaso sobre mesas de madeira, de acordo com o delineamento, seguindo a tabela aleatória de SPIEGEL (60).

Prosseguiu-se um período de 90 dias para incubação, durante o qual o substrato foi mantido úmido por meio de irrigações diárias em quantidade suficiente para manter 50-60% do volume total de poros (V.T.P.) ocupado pela água, conforme GROHMANN (21).

A semeadura foi feita na segunda quinzena de fevereiro/ 82 em bandejas, com areia, dentro da casa de vegetação.

Procedeu-se a repicagem no início de março de 1982, após o período de incubação, utilizando-se três plantas uniformes, no estágio de "pata de aranha", conforme PEREIRA (39).

Após 45 dias da repicagem, realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas uma planta por vaso.

As adubações de cobertura (Quadro 6) foram feitas, sendo que para N, K e Mg, utilizaram-se uréia, cloreto de potássio e cloreto de magnésio, respectivamente, nas dosagens recomendadas pela EMBRATER/EMBRAPA (16) e com base nos resultados das análises químicas do solo. Boro e cobre foram aplicados na forma de ácido bórico e sulfato de cobre, respectivamente, de acordo com Watson e Beaufils, citados por MIRANDA et alii (34) e zinco na forma de

cloreto de zinco, conforme MALAVOLTA et alii (33).

QUADRO 6 - Épocas após plantio, nutrientes e respectivas concentrações aplicadas em cobertura, em plantas de seringueira. ESAL, Lavras-MG, 1982/83.

Épocas de Aplicação (Dias após plantio)	Concentração dos Nutrientes					
	N	K	Mg	B	Zn	Cu
	----- ppm -----					
45	70,00	46,00	8,30	-	-	-
120	70,00	46,00	8,30	0,32	1,98	1,40
180	70,00	46,00	8,30	0,92	1,98	1,40
240	70,00	46,00	8,30	0,92	1,98	1,40
300	70,00	46,00	8,30	0,92	1,98	1,40
330	-	-	8,30	0,92	1,98	1,40
360	-	-	-	0,92	1,98	1,40
<b>TOTAL</b>	<b>350,00</b>	<b>230,00</b>	<b>49,80</b>	<b>5,52</b>	<b>11,88</b>	<b>8,40</b>

As irrigações, durante o período experimental, consistiram de 70% do V.T.P. ocupado por água, conforme FREIRE et alii (19).

As temperaturas médias mensais, no local do experimento, variaram de um mínimo de 18°C nos meses de maio-junho-julho a um máximo de 35°C nos meses de outubro-novembro-dezembro.

Os dados experimentais para análise consistiram das seguintes características avaliadas :

- Características da parte aérea: altura e diâmetro das

plantas.

- Composição química do solo : Al, Ca, Mg e saturação de alumínio medidos em meq/100 cm<sup>3</sup>; P e S em ppm; e pH em água.
- Crescimento: peso seco da parte aérea e matéria seca total (raiz, caule e folha).
- Acumulação dos nutrientes K, N, Ca, Mg e S nas folhas, medidos em mg/vaso; e Al na raiz em ppm. Para P, além das análises das folhas, fez-se análise da matéria seca total (raiz, caule e folha) também expressa em mg/vaso.

Altura e diâmetro das plantas foram avaliados mensalmente, tomando-se a altura, do colo ao ápice do caule, e o diâmetro tomado com auxílio de paquímetro e uma altura de 5 cm do solo, onde normalmente se realiza a "enxertia verde" da seringueira, SANTOS(54).

Para análise química do solo e material vegetal após a colheita, o número preliminar de repetições foi reduzido pela metade, mediante sorteio entre as mesmas de maneira a agrupar subamostras de 2 vasos, os quais constituíram, posteriormente, uma repetição. As análises químicas do solo foram realizadas em duas secções do vaso, 0-15cm e 16-30cm de profundidade, exceto para P, o qual foi avaliado apenas na profundidade de 0-15 cm. Para esse nutriente utilizaram-se os extratores Mehlich, Bray-1, Bray-2, Bra-2 modificado e Olsen conforme Apêndice-Quadro 1. Para Ca e Mg utilizou-se o extrator de Mehlick. Valores de pH em água e Al trocável segundo VETTORI (65) e, S sulfato conforme BARDSLEY & LANCASTER(4) .

O material vegetal colhido, constituído de raiz e parte aérea, foi lavado e acondicionado em sacos de papel, postos para secar em estufa com circulação de ar a 65-75°C até peso constante, procedendo-se a pesagem da matéria seca. Posteriormente, o material seco foi moído em moinho tipo Wiley e acondicionado em frascos de vidro para análises químicas.

Na análise da matéria seca procedeu-se uma digestão nitro-perclórica da mesma, onde o P foi determinado por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, conforme processos descritos por SARRUGE & HAAG (55); S determinado por metodologia descrita por STWART & PORTER (62); e, Al na raiz, determinado segundo HUNTER (22).

#### 3.2.4. Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada segundo as recomendações de PIMENTEL GOMES (40) e STEEL & TORRIE (61), de acordo com o delineamento utilizado com auxílio do computador.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, comparando as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Procedeu-se análises de regressão para as variáveis: doses de fosfato de Araxá em g/vaso com  $\text{Ca}^{2+}$  na profundidade 0-15 cm em  $\text{meq}/100\text{cm}^3$ , para gesso e gesso associado com calcário; e doses de fosfato de Araxá com altura de plantas. As equações de regressão foram selecionadas baseando-se na significância dos efeitos pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, considerando também o valor dos coe-

ficientes de determinação.

Análises de correlação para métodos de extração de P foram feitas entre P extraído pelos mesmos em ppm, com P absorvido em mg/vaso. Também foram correlacionadas as quantidades de P total absorvido em mg/vaso com matéria seca total em g/vaso.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Propriedades químicas do solo

O resumo das análises de variância do substrato do solo (Apêndice-Quadro 2) mostra que fosfato de Araxá, calcário e gesso tiveram efeito em diversas propriedades químicas do solo, as quais estão relacionadas com o crescimento da planta.

#### 4.1.1. Alumínio trocável e pH do solo

Como se pode observar no Quadro 7 o pH do solo aumentou com doses crescentes de fosfato de Araxá; o Al trocável reduziu em uma relação inversa aos aumentos de pH. Todavia, essas mudanças em Al trocável e pH do solo ocorreram apenas para a profundidade 0-15 cm do substrato, o que poderia ser explicado pela pouca mobilidade do P no solo e presença do ion acompanhante, o cálcio, no presente ca

QUADRO 7 - Teores médios de Al trocável e pH, determinados nas amostras dos substratos, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras, MG. 1983.

FERTILIZANTES CORRETIVOS	Al <sup>+++</sup>		pH - H <sub>2</sub> O	
	Profundidade - cm		Profundidade - cm	
	0 - 15	16 - 30	0 - 15	16 - 30
	mg/100cm <sup>3</sup>			
Fosfato de Araxã (g/vaso)				
0,00	0,77a	0,79a	4,05 b	4,04ab
4,90	0,73ab	0,81a	4,11 b	4,02 b
9,80	0,66 bc	0,72a	4,18a	4,10a
14,70	0,62 c	0,71a	4,21a	4,07ab
19,60	0,58 c	0,75a	4,24a	4,06ab
Calcário - Gesso (g/vaso)				
0,00 - 0,00	0,80 b	0,82ab	3,93 c	3,92 c
10,24 - 0,00	0,35 d	0,63 c	4,23a	4,05 b
0,00 -19,17	0,93a	0,86a	4,15 b	4,07ab
3,38 -12,84	0,77 b	0,76ab	4,21ab	4,13a
6,86 - 6,32	0,52 c	0,71 bc	4,27a	4,11ab

Dentro da coluna, médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

so. Partindo da premissa de que a acidez ativa do solo solubiliza a rocha fosfatada, esta funciona como reativo no solo. Após a solubilização da apatita, tem-se principalmente íons  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  em reação no solo, KAMINSKI (25). Íons  $\text{Ca}^{2+}$  podem deslocar  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$  do complexo sortivo do solo pela ação das massas. O radical  $\text{PO}_4^{3-}$ , por outro lado comporta-se como uma base, elevando o pH do solo e, dessa maneira precipitando alguma porção do Al solúvel. O resultado final dos efeitos dos produtos da reação do fosfato natural interpreta-se como uma diminuição do potencial de  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$  na forma lábil do complexo sortivo do solo.

No Quadro 7 observa-se que calcário reduziu drasticamente o Al trocável em ambas as profundidades do substrato ao passo que o gesso promoveu ligeiro aumento do Al trocável nas mesmas, ambos aplicados isoladamente. Quando aplicados misturados em proporções diferentes, o Al trocável se comportou de maneira semelhante à soma dos efeitos desses dois corretivos, de maneira que, para as duas misturas de calcário e gesso, o Al trocável foi reduzido ligeiramente no substrato.

O pH do substrato aumentou em todas as proporções de calcário e gesso (Quadro 7). Verifica-se que para a profundidade 0-15 cm do substrato, calcário foi mais eficiente que gesso em alterar o pH, ao passo que para a profundidade 16-30 cm, gesso foi superior. O efeito do calcário em elevar o pH do substrato e reduzir o Al trocável é admitido, tomando-se por base as reações básicas desse corretivo no solo. Assim com a solubilização do calcário,  $\text{Ca}^{2+}$  desloca  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$  do complexo sortivo do solo, ao



mesmo tempo em que o  $\text{CO}_3^{2-}$  comporta como base, elevando o pH do solo e precipitando parte do Al solúvel, MALAVOLTA (32).

Gesso, por outro lado, ainda que tenha promovido um ligeiro aumento do pH do solo, como já visto, pode aumentar o Al trocável no mesmo, tomando por base as reações desse corretivo no solo, COUTO et alii (13), RITCHEY et alii (51). Assim, com a solubilização do gesso no solo, o  $\text{Ca}^{2+}$  liberado desloca Al trocável do complexo sortivo, aumentando o teor de Al na solução do solo. Todavia, de acordo com PAVAN et alii (38) e RITCHEY et alii (50), o radical  $\text{SO}_4^{2-}$ , é liberado com a solubilização do gesso, podendo ter reação básica no solo. Assim, grupos  $\text{OH}^-$  podem ser liberados para a solução do solo mediante deslocamentos pelo  $\text{SO}_4^{2-}$  nas argilas sesquioxídicas, RITCHEY et alii (50), pelas raízes com o processo de absorção de  $\text{SO}_4^{2-}$  pela planta, COUTO et alii (13). Ainda que gesso promova uma liberação de grande porção do Al trocável para a solução do solo, a formação do par iônico  $\text{AlSO}_4^+$  evitaria o aumento do  $\text{Al}^{3+}$  em solução, tóxico para as plantas, enquanto o  $\text{AlSO}_4^+$  não tem mostrado efeito depressivo sobre as plantas, segundo PAVAN et alii (38). Este autor verificou em solos que receberam gesso, que até 50% do Al total existente na solução estava presente como par iônico  $\text{AlSO}_4^+$

#### 4.1.2. Teores de cálcio, magnésio, enxofre e saturação de alumínio no solo.

Os testes dos efeitos de fosfato de Araxá, calcário e ges-

so sobre os teores de Al, Ca, Mg e S, em ambas as profundidades do substrato, são apresentados no resumo de análise de variância (Apêndice Quadro 2). Os efeitos principais e as interações dos fatores são apresentados nos Quadros: 8, 9, 10, 11, 12, 13 e na Figura 1.

#### 4.1.2.1. Teores de cálcio

Os Quadros 8 e 9 mostram os efeitos dos tratamentos e de interação entre os mesmos sobre os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  para ambas as profundidades do substrato.

Verifica-se um aumento característico dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  na profundidade 16-30 cm do substrato (Quadro 9), mas um aumento menos evidenciado desses teores na profundidade 0-15 cm do substrato (Quadro 8), quando se aplica calcário e/ou gesso. Esses resultados mostram que tanto calcário quanto gesso foram eficientes em translocar  $\text{Ca}^{2+}$  a partir da profundidade 0-15 cm, onde foram aplicados, para a profundidade 16-30 cm do substrato, elevando os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  em ambas as profundidades; mostrando também a movimentação descendente do  $\text{Ca}^{2+}$  quando aplicado em alta dosagem à superfície do solo, concordando com resultados de Gonzales-Erico, citado por RIT - CHEY et alii (51).

A interação da mistura de calcário e gesso com doses crescentes de fosfato de Araxá para ambas as profundidades do substrato também é mostrada nos Quadros 8 e 9, sendo melhor visualizada na Figura 1, para a profundidade 0-15 cm do substrato. Assim, como mostra a Figura 1, quando se aplica apenas gesso ou uma dosagem

QUADRO 8 - Teores médios de Ca, na profundidade 0-15 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG, 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)			Fosfato de Araxã (g/vaso)					$\bar{X}$
			0	4,90	9,80	14,80	19,60	
			Ca <sup>++</sup> - meq/100 cm <sup>3</sup>					
0,00	-	0,00	0,52c	0,79b	0,99b	1,08ab	1,35a	0,95B
10,24	-	0,00	1,84b	1,99ab	1,85b	1,97ab	2,31a	1,99AB
0,00	-	19,17	1,89ab	1,84b	2,03ab	2,20a	2,20a	2,03AB
3,38	-	12,84	1,58c	2,02b	2,16ab	2,29ab	2,49a	2,11A
6,86	-	6,32	1,36c	1,97b	2,14ab	2,24ab	2,34a	2,01AB

Dentro da linha e última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 9 - Teores médios de Ca, na profundidade 16-30 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG, 1983.

Calcário - gesso g/vaso		Fosfato de Araxã (g/vaso)					$\bar{X}$
		0	4,90	9,80	14,70	19,60	
		Ca <sup>++</sup> meq/100 cm <sup>3</sup>					
0,00	- 0,00	0,46b	0,87a	0,62ab	0,75ab	0,79ab	0,70 B
10,24	- 0,00	1,06b	1,09b	1,17ab	1,47a	1,15ab	1,19A
0,00	- 19,17	1,30a	1,49a	1,13a	1,33a	1,36a	1,32A
3,38	- 12,84	1,20a	1,17a	1,32a	1,33a	1,41a	1,29A
6,86	- 6,32	___*	1,13	1,20	1,24	1,22	___**

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

\* Dado perdido devido a problemas analíticos.

\*\* Resultado não apresentado devido à perda de um tratamento.

maior de gesso misturado com calcário, ocorre um aumento de forma linear nos teores de cálcio com doses crescentes de fosfato de Araxá, aplicados na profundidade 0-15 cm do substrato. Para uma mistura de calcário e gesso em proporções equivalentes, observa-se um efeito quadrático, na relação entre essas variáveis para a profundidade 0-15 cm do substrato (Figura 1).

Os dados do Quadro 8 e 9 mostram que o fosfato de Araxá, aplicado na profundidade 0-15 cm do substrato, não teve um efeito pronunciado em alterar os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  na profundidade de 16-30 cm do mesmo. Assim, os tratamentos que receberam apenas calcário e , aqueles com calcário e gesso ausentes, mostraram pouco efeito da aplicação de fosfato de Araxá, nos teores de cálcio nas profundidades 0-15 e 16-30 cm do substrato. Esses resultados vêm mostrar a baixa mobilidade do  $\text{Ca}^{2+}$  em profundidade, associada a uma pequena liberação desse nutriente a partir da rocha fosfatada, como mostra KAMINSKI (25). Contudo, admite-se que para os tratamentos que receberam gesso combinado com calcário ou apenas gesso na profundidade 0-15 cm (Quadro 9), o alto teor de cálcio desses corretivos tenha mascarado o efeito da rocha fosfatada, a qual promove uma pequena liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo.

As curvas de regressão ajustadas para os tratamentos com apenas gesso e combinações de gesso com calcário (Figura 1), mostram a relação entre as variáveis, doses de fosfato de Araxá e teores de  $\text{Ca}^{2+}$  para a profundidade 0-15 cm de substrato. Nota-se maiores coeficientes angulares nas curvas referentes aos tratamentos que receberam menor quantidade de  $\text{Ca}^{2+}$  na forma de calcário e/ou

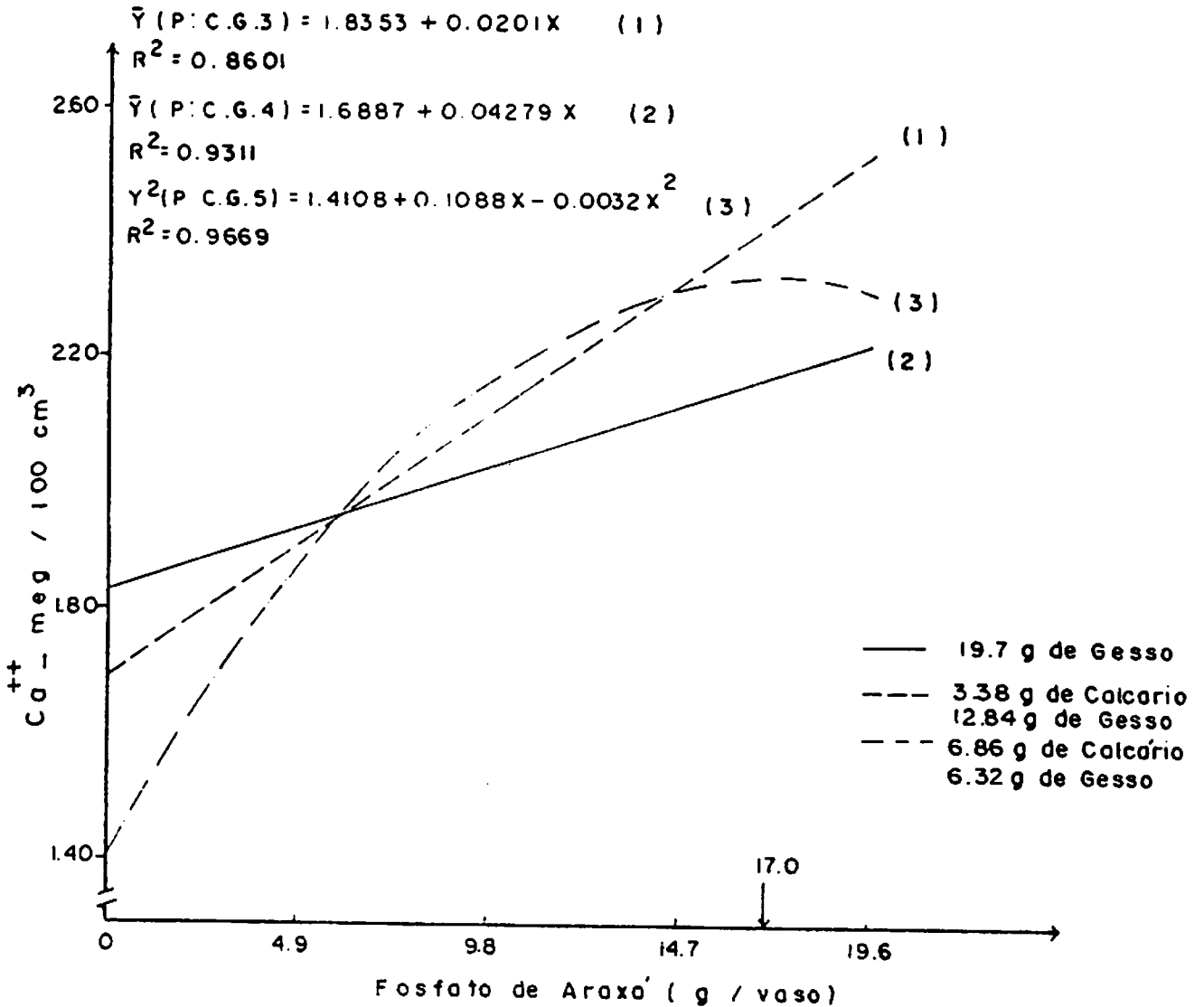


FIGURA 1 - Teores de cálcio trocável no solo, profundidade 0-15cm, em função de doses de fosfato de Araxá para combinação de calcário e gesso. Lavras, MG., 1983.

gesso. Isso confirma, tomando por base o tratamento que recebeu apenas gesso, que quantidades pronunciadas de  $\text{Ca}^{2+}$  liberadas desse corretivo solúvel, tenha mascarado os efeitos menos expressivos de quantidades de  $\text{Ca}^{2+}$  liberadas da rocha fosfatada, a qual é de baixa solubilidade relativa no solo.

#### 4.1.2.2. Teores de magnésio

Os Quadros 10 e 11 mostram os efeitos principais e de interação entre combinações de calcário e gesso com doses crescentes de fosfato de Araxá sobre os teores de  $\text{Mg}^{2+}$ , para ambas as profundidades do substrato.

Verifica-se um aumento característico dos teores de  $\text{Mg}^{2+}$  em ambas as profundidades do solo, quando se aplica calcário ou calcário misturado com gesso.

A interação de calcário mais gesso com doses crescentes de fosfato de Araxá para ambas as profundidades do substrato pode ser observada também nos Quadros 10 e 11. Todavia, é pouco expressivo esse efeito de interação, como mostra o teste de Tukey para as médias, nesses quadros.

Entende-se que os aumentos nos teores de  $\text{Mg}^{2+}$  são unicamente devidos ao efeito do calcário, o qual é a única fonte significativa desse nutriente, dentre os corretivos aplicados. Ademais, admite-se que o  $\text{Mg}^{2+}$  proveniente de calcário foi translocado da profundidade 0-15 cm, onde aplicado, para a profundidade 16-30 cm, na presença ou ausência do gesso.

QUADRO 10 - Teores médios de Mg, na profundidade 0-15 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso .  
ESAL, Lavras - MG, 1983.

Calcário - gesso (g/vaso)	Fosfato de Araxã (g/vaso)					$\bar{X}$	
	0	4,90	9,80	14,70	19,60		
----- Mg <sup>++</sup> - meq/100 cm <sup>3</sup> -----							
0,00 - 0,00	0,98a	0,97a	0,99a	0,87a	0,95a	0,97	D
10,24 - 0,00	1,61a	1,54a	1,32b	1,31b	1,45ab	1,45A	
0,00 - 19,17	0,92a	0,79a	0,83a	0,87a	0,88a	0,86	D
3,38 - 12,84	0,98a	1,09a	1,04a	1,10a	1,12a	1,06	C
6,86 - 6,32	0,95b	1,31a	1,32a	1,32a	1,30a	1,24	B

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



QUADRO 11 - Teores médios de Mg, na profundidade 16-30 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso .  
 ESAL, Lavras - MG, 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	Fosfato de Araxã (g/vaso)						$\bar{X}$	
	0	4,90	9,80	14,70	19,60			
----- Mg <sup>++</sup> - meq/100 cm <sup>3</sup> -----								
0,00 - 0,00	0,58a	0,56a	0,52a	0,54a	0,51a	0,54	D	
10,24 - 0,00	0,92a	0,95a	1,01a	1,10a	0,92a	0,98A		
0,00 - 19,17	0,60a	0,65a	0,51a	0,53a	0,54a	0,57	D	
3,38 - 12,84	0,69a	0,68a	0,71a	0,72a	0,70a	0,70	C	
6,86 - 6,32	1,16a	0,82b	0,79b	0,81	0,82b	0,80	B	

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.2.3. Teores de enxofre

Os quadros 12 e 13 mostram os efeitos principais e de interação entre misturas de calcário mais gesso com doses crescentes de fosfato de Araxá sobre os teores de S, para ambas as profundidades do substrato.

Verifica-se um aumento dos teores de S em ambas as profundidades do substrato, quando se aplica gesso ou mistura de gesso e calcário.

Ainda que a análise de variância (Apêndice-Quadro 2) tenha mostrado efeito de interação entre calcário mais gesso com doses crescentes de fosfato de Araxá para ambas as profundidades do substrato, esse mesmo efeito não é muito diferenciado pelo teste de Tukey aplicado às médias referentes às diferentes relações de calcário/gesso, conforme Quadros 12 e 13.

Admite-se que o conteúdo de S do gesso foi o único fator responsável pelos acréscimos dos teores de S no substrato. Pelo menos não se observa outros efeitos senão esses ligados à própria constituição do gesso, o qual é concentrado nesse nutriente.

#### 4.1.2.4. Saturação de alumínio

De posse dos dados do Quadro 7 calculou-se as saturações de Al trocável correspondentes aos diferentes tratamentos que receberam ou não fosfato de Araxá, calcário e/ou gesso, como apresentado

QUADRO 12 - Teores médios de S, na profundidade 0-15 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso.ESAL, Lavras - MG. 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	Fosfato de Araxã (g/vaso)					$\bar{X}$	
	0	4,90	9,80	14,70	19,60		
----- S - ppm -----							
0,00 - 0,00	33,46ab	28,23b	43,00a	25,34b	28,78b	37,76 C	
10,24 - 0,00	41,06a	36,28ab	30,33b	26,92b	36,39a	34,20 C	
0,00 - 19,17	178,30a	181,38a	184,47a	181,38a	181,38a	181,38A	
3,38 - 12,84	165,93a	163,67a	163,67a	166,56a	168,20a	165,61 B	
6,86 - 6,32	---*	137,83	131,79	137,83	132,96	---**	

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

\* Dado perdido devido a problemas analíticos.

\*\* Resultado não apresentado devido à perda de um tratamento.

QUADRO 13 - Teores médios de S, na profundidade 16-30 cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso .  
ESAL, Lavras - MG. 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)		Fosfato de Araxã (g/vaso)					$\bar{X}$
		0	4,90	9,80	14,70	19,60	
		S - ppm					
0,00	- 0,00	2,48a	3,25a	1,47a	2,13a	2,83a	2,53 C
10,24	- 0,00	2,20a	5,24a	2,50a	4,10a	3,71a	3,55 C
0,00	- 19,17	91,03b	88,31b	83,59b	102,89a	105,77a	94,32A
3,38	- 12,84	52,33bc	54,42bc	69,47a	47,93c	59,53ab	56,74 B
6,86	- 6,32	—*	26,68	40,30	33,38	24,91	—**

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

\* Dado perdido devido a problemas analíticos.

\*\* Resultado não apresentado devido à perda de um tratamento.

no Quadro 14. Verifica-se em termos médios, que calcário e/ou gesso tiveram efeito em reduzir a saturação de alumínio em ambas as profundidades do substrato. Entretanto, o fosfato de Araxá não mostrou efeito aparente sobre a saturação de alumínio na profundidade 16-30 cm de substrato. Resultados semelhantes foram encontrados por RITCHEY et alii (51), onde gesso e calcário reduziram a saturação de alumínio.

Entende-se que esses fertilizantes corretivos, mediante processo de solubilização, liberaram  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ao solo, reduzindo a saturação de alumínio no mesmo. Ademais, as pequenas quantidades de  $\text{Ca}^{2+}$  liberados com a solubilização lenta do fosfato de Araxá não foram suficientes para movimentar até a profundidade 16-30 cm do substrato, como se pode ver no Quadro 9.

#### 4.1.3. Fósforo

A análise de variância (Apêndice-Quadro 3) mostra que houve efeito significativo para os teores de P medidos por diversos extratores na profundidade 0-15 cm do substrato, referentes aos tratamentos que levaram fosfato de Araxá, calcário e/ou gesso.

Tomando por base os coeficientes de correlação entre os teores de P extraídos pelos diversos extratores e a absorção desse nutriente pela planta, avaliou-se a disponibilidade de P no solo. Assim, observa-se no Quadro 15 que na presença de calcário e/ou gesso e fosfato de Araxá, os coeficientes de correlação são muito variáveis para todos os métodos de extração de P no solo. Observa-se



QUADRO 14 - Percentagem de saturação de alumínio nas profundidades do substrato, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983.

TRATAMENTOS	Saturação de alumínio	
	Profundidade - cm	Profundidade - cm
	(0 - 15)	(16 - 30)
1 - Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	29,31	38,29
2 - Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	27,03	30,89
3 - Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	20,59	31,68
4 - Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	21,08	29,67
5 - Ca <sub>0</sub> g <sub>0</sub> P <sub>4</sub>	19,07	32,39
6 - Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	8,75	20,27
7 - Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	8,73	22,59
8 - Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	7,31	18,99
9 - Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	4,90	14,53
10 - Ca <sub>1</sub> g <sub>0</sub> P <sub>4</sub>	6,40	19,74
11 - Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	24,01	25,98
12 - Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	21,48	23,89
13 - Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	22,22	31,03
14 - Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	19,52	26,31
15 - Ca <sub>0</sub> g <sub>1</sub> P <sub>4</sub>	15,83	23,41
16 - Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>0</sub>	20,00	26,05
17 - Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>1</sub>	17,46	26,50
18 - Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>2</sub>	15,35	19,87
19 - Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>3</sub>	12,90	22,43
20 - Ca <sub>3</sub> g <sub>6</sub> P <sub>4</sub>	14,02	24,31
21 - Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	15,24	17,24
22 - Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	11,18	25,64
23 - Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	10,72	20,20
24 - Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	10,54	22,65
25 - Ca <sub>6</sub> g <sub>3</sub> P <sub>4</sub>	8,51	22,59

QUADRO 15 - Coeficientes de correlação entre as quantidades totais de P absorvido (mg/vaso) e quantidades de P extraídas pelos métodos na profundidade 0-15 cm do vaso, para doses de P dentro das diferentes proporções de calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG. 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	Métodos				
	Bray 1	Bray 2	Bray 2 Modificado	Mehlich	Olsen
0,00 - 0,00	-0,16	0,15	0,11	0,04	0,11
10,24 - 0,00	0,01	-0,02	0,02	0,06	0,09
0,00 - 19,17	0,44*	0,22	0,23	0,33	0,27
3,38 - 12,84	0,04	-0,10	-0,04	-0,01	0,04
6,86 - 6,32	0,25	0,32	0,27	0,25	0,18

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.



correlação significativa ( $r=0,44$ ) apenas para o método Bray 1, quando se usa apenas fosfato de Araxá e gesso no solo. Ademais, esse método apresentou coeficientes de correlação positivos (embora não significativos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade) quando se aplica fosfato de Araxá com apenas calcário ou com calcário e gesso. A eficiência do Bray 1 nessa situação é confirmada por RAIJ (43).

Sabe-se pela literatura (2, 25, 48) que o método Bray 1 é eficaz em dissolver os fosfatos de Al, sendo que os íons fluoreto teriam ação sobre o Ca-P mais solúvel, Ca-HOP<sub>4</sub>, e sobre o Al-P, pois os cátions seriam complexados. Assim, como essas formas de P podem ser aproveitadas pelas plantas, os resultados de correlação apresentados por esse método (Quadro 15) não parecem questionáveis.

Tomando por base o método Bray 1, a disponibilidade do P no solo quando se usa ou não fosfato de Araxá, calcário e/ou gesso, pode ser avaliada conforme Quadro 16. Verifica-se que tanto fosfato de Araxá como calcário e gesso influenciaram os teores de P extraídos, havendo também interação desses fatores. Dentre as diferentes combinações de calcário e gesso associadas com fosfato de Araxá, ocorreu uma tendência do método Bray 1 extrair quantidades semelhantes de P (Quadro 16). Todavia, esse método extraiu quantidades de P mais elevadas, quando se aplicou fosfato de Araxá na ausência de calcário e/ou gesso, provavelmente superestimando os teores de P "disponível" no substrato; o baixo coeficiente de correlação ( $r=0,16$ ) observado (Quadro 15) nessa situação apoia essa

QUADRO 16 - Teores médios de P extraído (ppm) pelo método Bray 1, na profundidade 0 -15cm do vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG. 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	Fosfato de Araxã (g/vaso)						$\bar{X}$
	0	4,90	9,80	14,70	19,60		
----- P - ppm -----							
0,00 - 0,00	2,43d	6,90c	8,77b	7,27c	12,53a	7,58A	
10,24 - 0,00	1,23d	2,53cd	3,40bc	4,83b	6,77a	3,75B	
0,00 - 19,17	1,30c	2,77bc	3,13b	3,93ab	5,60a	3,53BC	
3,38 - 12,84	1,87b	2,00b	4,43a	4,63a	5,93a	3,77B	
6,86 - 6,32	1,20b	1,80b	2,67ab	3,97a	3,70a	2,67C	

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

hipótese, juntamente com resultados de RAIJ et alii (44).

O Quadro 16 também mostra que os teores de P extraídos pelo Bray 1 são diretamente proporcionais às doses crescentes de fosfato de Araxá aplicadas na presença ou ausência de calcário e/ou gesso. O efeito de doses de fosfato de Araxá sobre os teores de P avaliados, é melhor visualizado tomando por base a combinação das mesmas com apenas gesso aplicados ao solo; pois, nessa situação, houve uma melhor correlação ( $r=0,44$ ) entre P extraído do substrato e P absorvido pela planta (Quadro 15).

#### 4.2. Medidas de avaliação na planta

##### 4.2.1. Absorção dos macronutrientes pelas folhas e concentração de Al na raiz.

A análise de variância para a absorção dos macronutrientes na matéria seca das folhas, bem como a concentração de alumínio na raiz de plantas de seringueira para os fatores estudados, são apresentados no Apêndice-Quadro 4.

Verifica-se (Apêndice-Quadro 4) que o fosfato de Araxá não influenciou a absorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) pelas folhas ou a concentração de Al na raiz. Porém, calcário e gesso influenciaram a absorção de Ca, Mg e S pelas folhas bem como a concentração de Al na raiz, havendo interação entre os fatores apenas para Al na raiz.

Os efeitos de calcário e/ou gesso aplicados ao solo, sobre os valores médios de Ca, Mg e S absorvidos nas folhas de plantas de seringueira são observados no Quadro 17. Depreende-se desse quadro de médias, que calcário e/ou gesso foram eficientes em aumentar absorção de Ca, Mg e S nas folhas das plantas. Para Ca e Mg, gesso combinado com calcário, especialmente em proporções equivalentes, tenderam a superar o efeito de cada corretivo quando aplicados isoladamente. Por outro lado, no tocante ao S, calcário e/ou gesso promoveram aumentos nos valores de S absorvidos pelas folhas; quando se aplicou apenas gesso ou maior proporção de gesso associado com calcário, os valores de S absorvidos foram equivalentes e superiores às demais combinações desses produtos.

Com base nesses resultados, justifica-se que os teores de Ca e Mg constituintes do calcário e, os teores de Ca e S constituintes do gesso, condicionaram as respostas observadas.

Todavia, como observado (Quadro 17), ocorreu uma tendência do calcário aumentar a absorção de S nas folhas, fato este ligado à disponibilidade desse nutriente no solo. De posse dos resultados de pH (Quadro 7), e em acordo com COUTO et alii (13), admite-se que o calcário, mediante elevação do pH do substrato, tenha melhorado a disponibilidade do S no solo. Assim, o calcário pode ter incrementado a desorção do  $\text{SO}_4^{2-}$  no solo, ou mesmo acelerado a decomposição da matéria orgânica do solo, a qual é fonte desse nutriente. Um fato não menos provável desse efeito do calcário está ligado a um incremento na matéria seca das folhas, causado por esse produto (Quadro 19).

QUADRO 17 - Valores médios de Ca, Mg e S acumulados na matéria seca das folhas de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG. 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	Ca	Mg	S
0,00 - 0,00	56,99 b	21,33 b	3,92 c
10,24 - 0,00	97,38ab	35,32ab	5,21 bc
0,00 - 19,17	85,40ab	32,26ab	9,56a
3,38 - 12,84	88,53ab	33,44ab	9,33a
6,86 - 6,32	107,77a	44,40a	6,58 b

Dentro da coluna, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O gesso, por outro lado, tendeu a aumentar os valores do Mg absorvidos pelas folhas (Quadro 17). Esse comportamento do gesso pode ser entendido, admitindo-se a hipótese que esse produto tenha promovido um maior crescimento da planta, aumentando desse modo a absorção do Mg pelas folhas; os dados do Quadro 19, referentes à produção de matéria seca pelas folhas, reforçam essa hipótese.

Quanto à concentração de Al na raiz (Quadro 18), observa-se que calcário e/ou gesso foram igualmente eficientes em reduzir a concentração desse elemento, o qual é tóxico para as plantas. Esses efeitos do calcário e/ou gesso podem estar ligados à saturação de alumínio no substrato como já discutido (Quadro 14) e, por conseguinte, a uma menor atividade do Al em solução. Com a aplicação de calcário e/ou gesso, íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ou  $\text{SO}_4^{2-}$  concentram na solução do solo, reduzindo a atividade do Al na mesma, conforme FASSBENDER (18). Assim, desde que a atividade do Al no substrato que não recebeu calcário e/ou gesso é alta, fato provável pelo seu baixo pH (Quadro 7) e alta saturação de alumínio (Quadro 14), admite-se uma maior absorção e concentração desse elemento nas raízes.

#### 4.2.2. Produção de matéria seca

Esse parâmetro da planta, associado com a altura e diâmetro da mesma, reflete os efeitos de todos os fatores de produção testados.

Os coeficientes de correlação entre P absorvido e matéria

QUADRO 18 - Valores médios de Al concentrados na matéria seca da raiz de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG. 1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	Fosfato de Araxã (g/vaso)						$\bar{X}$
	0	4,90	9,80	14,70	19,60		
	Al na raiz - ppm						
0,00 - 0,00	14483,33b	21633,33a	14483,33c	14300,00c	12833,33c	15546,67A	
10,24 - 0,00	10450,00a	9166,67a	9350,00a	10083,33a	7833,33a	9386,67 B	
0,00 - 19,17	7883,33a	8066,67a	7333,33a	9166,67a	11500,00a	8800,00 B	
3,38 - 12,84	8800,00a	9900,00a	9166,67a	7883,33a	7516,67a	8653,33 B	
6,86 - 6,32	10633,33a	9533,33a	8433,33a	7333,33a	6050,00a	8396,67 B	

Dentro da linha e na última coluna, as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

seca total produzida pela planta são apresentados no Quadro 20. Nota-se nesse quadro, que para todas as combinações de calcário e gesso ocorreram coeficientes de correlação significativos. Os altos coeficientes de correlação encontrados vêm mostrar que a quantidade de P total absorvida explica a produção de matéria seca pelas plantas de seringueira.

No Quadro 19 são apresentados o peso médio da matéria seca das folhas em função de doses de fosfato de Araxá, calcário e/ou gesso. Observa-se que as dosagens de fosfato de Araxá não influenciaram na produção de matéria seca das folhas. Como já discutido (Apêndice - Quadro 4), essa fonte de P não afetou a absorção de algum macronutriente nas folhas, portanto, não afetou também a produção de matéria seca das mesmas.

Desde que o fosfato de Araxá não interferiu nos teores de P absorvidos e desde que houve alta correlação entre P total absorvido e produção total de matéria seca pelas plantas (Quadro 20), infere-se que os teores de P liberados pelo fosfato de Araxá foram muito baixos para que promovessem aumento significativo da matéria seca. Sabe-se pela literatura (2, 25, 43) que o extrator Bray 1 é capaz de medir os produtos de reação do fosfato natural em solos ácidos, extraíndo formas P-Fe e P-Al, as quais são pouco disponíveis às culturas. Assim, o P liberado do fosfato de Araxá, ainda que não promovesse aumento significativo na matéria seca, estaria supostamente satisfazendo parte da capacidade de "fixação" de P pelo solo.

Por outro lado, como discutido anteriormente, o fosfato



QUADRO 19 - Peso médio da matéria seca das folhas de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG. 1983.

Fertilizantes Corretivos	Matéria seca (g/2 plantas)
Fosfato de Araxã (g/vaso)	
0,00	7,78a
4,90	7,78a
9,80	9,02a
14,70	9,21a
19,60	8,48a
Calcário - Gesso (g/vaso)	
0,00 - 0,00	6,75 b
10,24 - 0,00	8,58ab
0,00 - 19,17	8,46ab
3,38 - 12,84	9,09a
6,86 - 6,32	9,38a

Dentro da coluna, médias seguidas com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 20 - Coeficientes de correlação entre as quantidades totais de P absorvido (mg/vaso) na matéria seca de plantas de seringueira e os respectivos pesos da matéria seca total (g/vaso), para doses de P dentro das diferentes proporções de calcário e gesso. ESAL, Lavras, MG.1983.

Calcário - Gesso (g/vaso)	- r -
0,00 - 0,00	0,89**
10,24 - 0,00	0,91**
0,00 - 19,17	0,76**
3,38 - 12,84	0,57*
6,86 - 6,32	0,90**

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

de Araxá teve efeito benéfico em diversas propriedades químicas do solo na profundidade 0-15 cm do substrato: incrementou o nível de  $\text{Ca}^{2+}$  e pH, reduziu o Al trocável e a saturação de alumínio e aumentou o P extraído pelo método Bray 1.

No tocante a calcário e gesso, observa-se no Quadro 19 que ambos aplicados isolados ou não, aumentam a matéria seca das folhas das plantas. Quando aplicados isolados, esses produtos apresentam efeitos iguais na produção da matéria seca das folhas. Todavia, se aplicados associados em dosagens equivalentes ou de maior proporção de gesso, apresentam os maiores incrementos na produção de matéria seca das folhas, não diferindo entre si.

Como discutido anteriormente, gesso e calcário apresentaram efeitos benéficos na química do solo; ou seja, elevaram o pH, reduziram o Al trocável e a saturação de alumínio, incrementaram os teores de Ca, Mg e S no substrato e aumentaram a acumulação desses nutrientes nas folhas das plantas. Mediante esses efeitos, seria explicado o papel do gesso e do calcário em ativar a produção de matéria seca das plantas.

#### 4.2.3. Altura e diâmetro

O resumo da análise de variância para altura das plantas e diâmetro do caule, referente aos fatores fosfato de Araxá, calcário e gesso é apresentado no Apêndice - Quadro 5. Não se verifica efeito significativo para diâmetro do caule, para qualquer fator. Entretanto, todos os fatores influenciaram no crescimento em altu-

ra das plantas.

O efeito das doses de fosfato de Araxá (Quadro 21) no crescimento em altura de plantas foi linear e positivo, como pode ser visualizado na Figura 2.

Admitindo-se que o crescimento das plantas foi normal no decorrer do experimento, é provável que alguma porção do P nativo do solo tenha interferido na resposta ao fosfato de Araxá.

De modo geral, a presença de calcário e/ou gesso contribuiu para maior crescimento em altura das plantas (Quadro 21), observando-se uma tendência de maior altura de plantas na presença apenas de calcário.

O pequeno efeito das doses de fosfato de Araxá sobre os parâmetros da planta podem estar ligados, pelo menos em parte a : tempo de realização do experimento, variabilidade do material genético empregado e uso de uma fonte de P de baixa solubilidade do solo a curto prazo. Os resultados desse trabalho estão de acordo com observações de REIS et alii (47) e PRADO & MORAIS (42).

QUADRO 21 - Valores médios de altura e diâmetro de plantas de seringueira (*Hevea spp*), determinados 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxã, calcário e gesso. ESAL, Lavras, 1983.

Fertilizantes Corretivos		Altura	Diâmetro
		cm	
Fosfato de Araxã			
(g/vaso)			
0,00		58,36 b	0,70 a
4,90		59,13ab	0,71 a
9,80		60,03ab	0,70 a
14,70		65,56 a	0,74 a
19,60		61,51ab	0,71 a
Calcário - Gesso			
(g/vaso)			
0,00	- 0,00	56,87 b	0,68 a
10,24	- 0,00	64,14 a	0,73 a
0,00	- 19,17	59,39ab	0,71 a
3,38	- 12,84	62,00ab	0,72 a
6,86	- 6,32	62,20ab	0,72 a

Dentro da coluna, médias seguidas com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

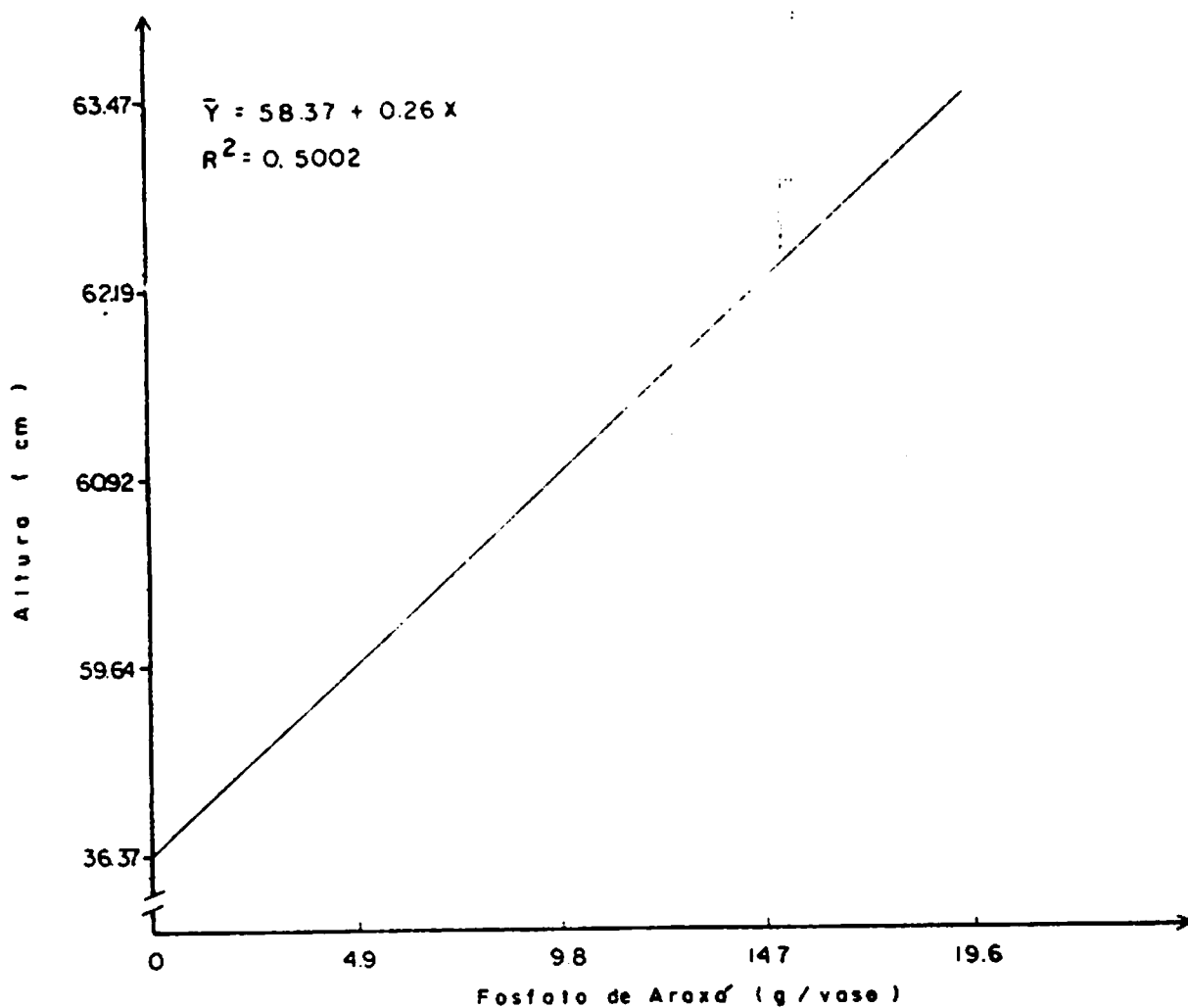


FIGURA 2 - Altura de plantas de seringueira, *Hevea* spp aos 12 meses de idade, em função das doses de fosfato de Araxá. Lavras, MG, 1983.

## 5. CONCLUSÕES

As diversas combinações de calcário e gesso não afetaram o crescimento em altura e diâmetro das plantas de seringueira.

Por meio do método Bray 1 é possível estimar a "disponibilidade" de P do fosfato de Araxá em solo LEar que recebeu gesso ao invés de calcário.

Fosfato de Araxá aumentou a "disponibilidade" de fósforo na profundidade de 0-15 cm do solo, avaliado pelo Bray 1, e promoveu o crescimento em altura das plantas.

Não se observou diferença para a produção de matéria seca entre as duas proporções de calcário com gesso (33% de calcário e 67% de gesso; 67% de calcário e 33% de gesso), mas ambas as proporções aparentemente foram superiores a calcário ou gesso aplicados isoladamente.

Fosfato de Araxá, calcário e gesso aplicados isolados ou

em combinações serviram como corretivos do solo, elevando o pH e reduzindo a saturação de alumínio no mesmo.

Gesso foi mais eficiente que calcário e fosfato de Araxá em elevar o pH e níveis de cálcio na profundidade 16-30 cm do subtrato.



## 6. RESUMO

O experimento foi instalado em casa de vegetação, no Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras -ESAL, Lavras-MG, com o objetivo de avaliar os efeitos da combinação de fosfato de Araxá, calcário dolomítico e gesso no crescimento e absorção de macronutrientes por plantas de seringueira e em algumas propriedades químicas do solo.

Foram utilizadas amostras da camada arável de um solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro Epiálico, textura muito argilosa, fase cerrado (LEar).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $5^2$  com 6 repetições, consistindo de 5 doses de fosfato de Araxá (0; 50; 100; 150; 200 kg/ha de  $P_2O_5$ ), 5 combinações de calcário e gesso (calcário e gesso ausentes; calcário 100%; calcário 33% e gesso 67%, calcário 67% e gesso 33%, gesso 100%).

As plantas de seringueira foram cultivadas por 12 meses . As características avaliadas foram : altura e diâmetro das plantas, teores de S, Ca, Mg, P e Al no solo, pH e saturação de alumínio no solo, matéria seca total, concentração de K, N, Ca, Mg e S nas folhas, concentração de Al na raiz e P acumulado nas folhas e na matéria seca total.

Foram feitas análises de variância para os fatores estudados, testes das médias dos tratamentos, equações de regressão para Ca e altura das plantas; correlações entre os métodos de extração de P (Bray 1, Bray 2 , Bray 2 modificado, Olsen e Mehlich) e P absorvido pelas plantas; correlações entre P absorvido e produção de matéria seca.

Após as análises e interpretações dos resultados, chegou-se às seguintes conclusões, entre outras :

. As diversas combinações de calcário e gesso não afetaram o crescimento em altura e diâmetro das plantas.

. Por meio do método Bray 1, é possível estimar a disponibilidade de P do fosfato de Araxá em solo LEar que recebeu gesso ao invés de calcário.

. Fosfato de Araxá aumentou a "disponibilidade" de fósforo na profundidade de 0-15 cm do solo, avaliado pelo Bray 1 e promoveu o crescimento em altura das plantas.

. Não se observou diferença para a produção de matéria seca entre as duas proporções de calcário com gesso (33% de calcário e 67% de gesso; 67% de calcário e 33% de gesso), mas ambas as pro-

porções, aparentemente, foram superiores a calcário e/ou gesso aplicados isoladamente.

. Fosfato de Araxá, calcário e gesso, aplicados isolados ou em combinações, serviram como corretivos do solo, elevando o pH e reduzindo a saturação de alumínio no mesmo.

. Gesso foi mais eficiente que calcário e fosfato de Araxá em elevar o pH e níveis de cálcio, na profundidade 16-30 cm do substrato.

## 7. SUMMARY

The experiment was installed under greenhouse conditions in the Department of Agriculture at Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL, Lavras, MG, to evaluate the effects of combinations of "Araxã" phosphate rock, dolomitic lime and gypsum on the growth and macronutrient uptake by rubber tree seedlings, and on some chemical properties of the soil.

It was used top-layer samples of a very Clayey, Epiiallic Dark Red Latosol "cerrado" phase (LEar).

The experimental set up was in randomized block design as a factorial  $5^2$  (5 phosphate levels; 5, 50, 100, 150, 200 kg/ha  $P_2O_5$  with 5 combinations of lime and gypsum being: no gypsum and no lime, 100% lime, 33% lime + 67% gypsum, 67% lime + 33% gypsum and 100% gypsum).

The seedlings were allowed to grow for 12 months when



plant height, diameter, dry matter, concentrations of K, N, Ca, Mg and S on the leaves, Al concentrations on the roots and P accumulation on leaves and total dry matter were determined. At the same time soil analysis were performed and the levels of S, Ca, Mg, P, Al, pH and Al saturation were determined.

Analysis of variance and regression/correlation were performed on the data, including regression for Ca levels in the soil and plant height, correlations among P extraction methods and P absorbed by the plants, and P absorbed with dry matter yield.

The data from this experiment allowed the following conclusions :

. None of the lime and gypsum combinations affected plant height or diameter.

. The availability of P from "Araxá" rock phosphate can be estimated by the Bray 1 method, when the soil LEar, was treated with gypsum instead of lime.

. Rock phosphate increased P availability on a 0-15 cm layer, estimate by the Bray 1 method and improved plant growth.

. Combinations of lime and gypsum had no effect on dry matter yield, but they were better than lime or gypsum applied separately.

. Rock phosphate, lime and gypsum applied separately increased soil pH and reduced Al saturation.

. Gypsum was more efficient than either lime or rock phosphate in increasing pH and Ca levels on the 16-30 cm depth on the substrate.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLISON, L.H. Organic carbon. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 1367-78.
2. ANGHINONI, I. & BOHNEN, H. Avaliação da disponibilidade do fósforo para os solos do Rio Grande do Sul. Agronomia Sulrio-grandense, Porto Alegre, 10(1):127-36, fev. 1974.
3. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras-MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 67p. (Tese Doutorado).
4. BARDSLEY, C.E. & LANCASTER, J.D. Acetate-solute sulfate. In : BLACH, C.A., ed. Methods of soil analysis, Part. 2 chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1111-3.
5. BRAGA, J.M. & YAHNER, J. Estudo comparativo de fosfato de Araxã e superfosfato simples em cultura de milho, em solo de

Viçosa, Minas Gerais. Experientiae, Viçosa, 8(5):143-63 ,  
set. 1968.

6. BRAGANÇA, J.B. Solubilização do fosfato de Araxá em diferentes tempos de incubação, em um solo com diversos níveis de alumínio trocável. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1979 .  
69p. (Tese MS).
7. BRAY, R.H. & KURTZ, L.T. Determination of total organic and available of phosphorus in soil. Soil Science, Baltimore ,  
59:(1)39-45, Jan. 1945.
8. CAMARGO, A.P. de; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S. & CHIARINI, J.V.  
Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 1976. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.89-120.
9. CANTARUTTI, R.B.; J.H. BRAGA; R.F. NOVAIS & J.T.L. THIEBAUT .  
Época de aplicação de fosfato natural em relação a calagem , num solo com elevado teor de alumínio trocável. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 5(2):129-33, maio/ago. 1981.
10. CARDOSO, M. Instruções para a cultura da seringueira. 2. ed .  
Campinas, Instituto Agrônômico, 1980. 42p. (Boletim, 196) .
11. CHU, C.R.; W.W. MOSCHLER & THOMAS, G.W. Rock phosphate transformations in acid soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 26(5):476-478, sep./oct. 1962.



12. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais ; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
13. COUTO, W.; LATHWELL, D.J. & BOULDIN, D.R. Sulfate sorption by two Oxisols and an Alfisol of the tropics. Soil Science , Baltimore, 127(2):108-16, Feb. 1979.
14. DIJKMAN, M.J. Fertilising and soil management. In: \_\_\_\_\_. Hevea thirty years of research in the Far East. Caral Gables, : University of Miami Press, 1951. Cap. 5, p.17-42.
15. DUTRA, L.G. Calagem para seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1983. Acidez e Calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.341-5.
16. EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção para a cultura da seringueira no Estado do Pará. Belém, 1981. 44p. (Sistema de produção. Boletim, 232).
17. FALESI, I. Propriedades e características das unidades de solos nas áreas de ocorrência da seringueira. In: \_\_\_\_\_. IV Curso de especialização em heveicultura; segmento de solos. Belém, SUDHEVEA/FCAP, 1979. 34p. (Apostila).
18. FASSBENDER, H. Química de suelos. San José, Costa Rica, IICA , 1980. 398p.

19. FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(1):5-8, jan. /abr. 1980.
20. GEUS, J.C. de. Various crops; rubber. In: \_\_\_\_\_. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Zurich, Centre d'Etude de l'Azote, c 1867. p.485-515.
21. GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Poligono, 1972. Cap. 6, p.77-84.
22. HUNTER, A.H. Laboratory analysis vegetal tissues samples. Raleigh, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, 1975. 5p. (Mimiografado).
23. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Enciclopédia dos municípios brasileiros; Minas Gerais. Rio de Janeiro, 1959. v.25, 475p.
24. JACKSON, M.L. Análisis química de suelos. 2.ed. Barcelona, OMEGA, 1970. 662p.
25. KAMINSKI, J. Efeito de cinco fosfatos pré-, co- e pós-aplicados ao calcário, no suprimento de fósforo ao sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench. CV. Contibrasil) em três solos ácidos. Piracicaba, ESALQ, 1983. 126p. (Tese Doutorado).
26. KOCHHANN, R.; ANGHINONI, I. & MIELNICZUK, J. A adubação fosfatada no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: OLIVEIRA,

- A.J. de et alii. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília , EMBRAPA-DID, 1982. p.29-60. (EMBRAPA-DID. Documentos , 21).
27. LANCE, J.C. & PEARSON, R.W. Effect of low concentration of aluminum on growth and water and nutrient uptake by cotton roots. Soil Science Society of America Proceedings, Riverside, 33(1):95-8, Jan./Feb. 1969.
28. LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em latossolo sob vegetação de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira; Série Agronomica, Rio de Janeiro, 8(7):81-8, jan. 1973.
29. LOPES, A.S. Available water, phosphorus fixation, and zinc levels in brazilian cerrado soil in relation to their physical, chemical and mineralogical properties. Raleigh, North Carolina State University, Department of Soil Science, 1977. 189p. (Tese Ph.D).
30. \_\_\_\_\_. A survey of the fertility status of soils under "cer-rado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, Department of Soil Science, 1975. 138p. (Tese Mestrado).
31. LUND, Z.F. The effect of calcium and its relation to several cations in soybeans root growth. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 34(1):456-9, Jan./Feb. 1970.
32. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 254p.

33. MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.D.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 423p.
34. MIRANDA, E.R. de; CABALA ROSAND, F.P. & SANTANA, C.J.L. Requerimentos nutricionais e adubação do cultivo da seringueira. Itabuna, CEPLAC, 1975. 32p. (Boletim Técnico, 33).
35. MIRANDA, L.N. de; MIELNICZUK, J. & LOBATO. Calagem e adubação corretiva. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 5, Brasília, 1979. Cerrado; uso e manejo. Brasília, Editerra, 1980. p.523-78.
36. ONUWAJE, O.U. & USU, F.O. Efeito da aplicação de NPK no crescimento de plântulas de seringueira. In: SEMINÁRIO NACIONAL DA SERINGUEIRA, 3, Manaus, 1980. Anais... Manaus, SUDHEVEA, 1980. v.2, p.889-905.
37. PARFITT, R.L. & SMART, R.S. The mechanism of sulfate adsorption on iron oxides. Soil Science Society of America Journal, Madison, 42(1):48-50, Jan./Feb. 1978.
38. PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. The combined effect of lime or gypsum and irrigation on the distribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum throughout a Brazilian oxisol. [Riverside, University of California, 1981. 214p. (Parte de tess Ph.D)].
39. PEREIRA, J. da P. Fatores determinantes da produção de tocos normais e defeituosos de seringueiras. Manaus, EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira, 1979. 10p. (Comunicado Técnico, 6).

40. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 4. ed. São Paulo, Nobel, 1976. 430p.
41. PLEYSIER, J.L. & JUO, A.S.R. Leaching of fertilizer ions in an Ultissol from the High Rainfall Tropics: Leaching through undisturbed soil Columns. Soil Science Society of America Journal, Atlanta, 45(4):754-60, July/Aug. 1981.
42. PRADO, E.P. do & MORAIS, F.I.O. de. Adubação em plântulas envidreadas de seringueira. In: CENTRO DE PESQUISA DO CACAU. Informe técnico; 1968-1969. Ilheus/Itabuna, 1969. p.128-9.
43. RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar disponibilidade de fósforo em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(1):1-9, jan./abr. 1978.
44. \_\_\_\_\_; ROSAND, P.C. & LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil - apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J. de et alii, eds. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982. p.9-28. (EMBRAPA-DID. Documentos, 21).
45. RAJAN, S.S.S. Sulfate adsorbed on hydrous alumina, ligands displaced, and changes in surface charge. Soil Science Society of America Journal, Madison, 42(1):39-44, Jan./Feb. 1978.
46. RANZANI, G. Solos do cerrado no Brasil. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 3, São Paulo, 1971. São Paulo, USP, 1971. p.26 - 43.

47. REIS, E.L.; SOUZA, L.F. da S. & CALDAS, R.C. Efeito da adubação NPK e da calagem no crescimento de plântulas enviveiradas de seringueira. Revista Theobroma, Itabuna, 7(2):35-40, abr./jun. 1977.
48. RIBEIRO, S.I. Adubação NPK em viveiro de seringueira. Porto Velho, 1979. 13p. (UEPAE-Porto Velho. Comunicado Técnico, 5).
49. RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. Soil Science, Baltimore, 133(6):378-82, June 1982.
50. \_\_\_\_\_ & SOUZA, D.M.G. Lixiviação de cálcio e magnésio em solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1983. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.109-25.
51. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; LOBATO, E. & CORREA, D. Calcium leaching to increase rooting depth. in a Brazilian Savannah Oxisol. Agronomy Journal, Madison, 72(1):40-4, Jan./Feb. 1980.
52. SANTANA, C.J.L. de; CABALA ROSAND, F.P.; MIRANDA, E.R. & SANTANA, M.B.M. Requerimentos nutricionais e indicações para a fertilização de seringueira. Itabuna, CEPLAC, 1973. 15p.
53. SANTANA, M.B.M.; CABALA ROSAND, P. & MIRANDA, E.R. Efeito da concentração de alumínio sobre o desenvolvimento de plântulas de cacau e seringueira. In: CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU. Informe técnico; 1972-1973. Ilhéus/Itabuna, 1973. p.16-7.

54. SANTOS, C.J. dos. Cultura da seringueira. Lavras, ESAL, s.d. 8p. (Mimeografado).
55. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análise química em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
56. SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; CORDEIRO, D.S.; PALHANO, J.B. & DITTRICH, R.C. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de tres adubos fosfatados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 3(2):111-5, maio/ago. 1979.
57. SHORROCKS, V.M. Deficiências minerais em Hevea e plantas de cobertura associadas. Brasília, SUDHEVEA, 1979. 76p.
58. SILVA, L.F. da. Disponibilidade de solos para seringueira. Cacau Atualidades, Itabuna, 7(1):4-5, jan./mar. 1970.
59. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão Permanente de Método de Trabalho de Campo. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. Manual de métodos de trabalho de campo; 2ª aproximação. Rio de Janeiro, 1967. 33p.
60. SPIEGEL, R.N. Estatística. São Paulo, McGraw-Hill, 1976. 580p.
61. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, MacGraw-Hill, 1960. 481p.
62. STWART, B.A. & PORTER, L.K. Nitrogen-sulfur relationship in wheat, corn and beans. Agronomy Journal, Madison, 61(2) : 267-71, Mar./Apr. 1969.
63. TANAKA, R.T. Disponibilidade de fósforo do fosfato de Patos para a cultura do milho (Zea mays L.), em latossolo roxo

- distrófico sob condições de casa de vegetação. Lavras, ESAL, 1978. 67p. (Tese Mestrado).
64. VALOIS, A.C.C. & BERNIZ, J.M.J. Adubação mineral em viveiro de seringueira. Boletim técnico do Instituto de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Ocidental, Manaus, (4):25-33, dez. 1974.
65. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade dos Solos, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
66. VIEGAS, I.J.M. Uso eficiente dos fertilizantes na cultura da seringueira. In: \_\_\_\_\_. VI Curso de especialização em heveicultura. Belém, SUDHEVEA/FCAP, 1980. 20p.
67. WEIR, C.C. Effect of line and nitrogen application on citrus yields and on the downward movement of calcium and magnesium. Tropical Agriculture, Guildford, 51(2):230-45, Apr. 1974.



A P È N D I C E

QUADRO 1 - Composição química, relação solo/solução e tempo de agitação dos extratores químicos utilizados para a determinação do fósforo disponível. ESAL, Lavras - MG. 1983.

Extrator	Composição Química	Solo/Solução	Tempo de Agitação	Referência
Olsen	NaHCO <sub>3</sub> 0,5 N	1/20	30 minutos	JACKSON ( 24 )
Bray-2 modificado	HCl 0,1 N	1/10	1 minuto	ANGHINONI &
	NH <sub>4</sub> F 0,1 N			BOHNEN ( 2 )
Bray-2	HCl 0,1 N	1/10	1 minuto	BRAY & KURTZ ( 7 )
	NH <sub>4</sub> F 0,03 N			
Bray-1	HCl 0,025 N	1/10	1 minuto	ANGHINONI &
	NH <sub>4</sub> F 0,03N			BOHNEN ( 2 )
Mehlich	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,025 N	1/10	5 minutos	VETTORI ( 65 )
	HCl 0,05 N			

QUADRO 2 - Resumo da análise de variância para os teores de Al, Ca, Mg, S e valores de pH, determinados nas amostras dos substratos, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG, 1983.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios									
		Al <sup>+++</sup>		Ca <sup>++</sup>		Mg <sup>++</sup>		S		pH	
		Profundidade-cm		Profundidade-cm		Profundidade-cm		Profundidade-cm		Profundidade-cm	
		0-15	16-30	0-15	16-30	0-15	16-30	0-15	16-30	0-15	16-30
		----- meq/100 cm <sup>3</sup> -----						----- ppm -----		----- H <sub>2</sub> O -----	
Fosfato de Araxá (A)	4	0,0950*	0,0269	1,0352*	0,0396	0,0099	0,0198*	1326,5090*	954,1464**	0,0870**	0,0135*
Calcário e Gesso (B)	4	0,8347*	0,1255*	3,5872*	1,0165**	0,8214**	0,5568**	74793,5156**	22770,2480**	0,2663**	0,1045**
A x B	16	0,0092	0,0126	0,0632*	0,0782**	0,0367**	0,0215**	1610,7028**	1373,0847**	0,0045	0,0078
Blocos	2	0,0025	0,0052	0,0729	0,0103	0,0225	0,0024	79,5074**	94,5143*	0,0028	0,0025
Resíduo	48	0,0074	0,0121	0,0225	0,0241	0,0081	0,0064	19,0174	23,7278	0,0025	0,0050
C.V. (%)	-	12,77	14,58	8,24	13,42	8,11	10,86	4,15	11,70	1,42	1,75

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 3 - Resumo da análise de variância para os teores de P extraídos (ppm) pelos métodos de Mehlich, Bray 1, Bray 2, Bray 2 Modificado e Olsen, na profundidade de 0-15cm de vaso, 15 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras - MG. 1983.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios					P - ppm
		Mehlich	Bray 1	Bray 2	Bray 2 modificado	Olsen	
Fosfato de Araxá (A)	4	6745,1201**	58,7062**	18171,3379**	5418,7841**	263,2769**	
Calcário e gesso (B)	4	69,8533**	55,8089**	282,4635**	86,5675**	86,1235**	
A x B	16	51,8867**	3,9752**	56,9090	20,4592	12,6970**	
Bloos	2	9,3733	0,3348	36,9147	15,6998	4,7632	
Resíduo	48	7,1630	0,5517	49,7936	11,3880	1,7394	
C.V. (%)	-	11,07	17,59	16,59	13,01	13,94	

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 4 - Resumo da análise de variância para os valores médios de P, Ca, Mg, K, N e S acumulados nas folhas e concentração de Al na raiz, determinados na matéria seca de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. ESAL, Lavras-MG. 1983.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios						
		Folha						Raiz
		P	Ca	Mg	K	N	S	Al
		----- mg/2 plantas-----						-----ppm-----
Fosfato de Araxá (A)	4	1,6505	1850,2395	130,4860	273,9578	5538,1235	3,8869	13693167,0000
Calcário e Gesso (B)	4	3,3773	5416,7895*	1018,5324*	1191,7410	2678,3959	93,3020*	138161840,0000**
A x B	16	2,1948	950,5532	115,6614	717,0593	4317,0722	3,3252	11583231,0000*
Blocos	2	2,3891	3232,4349	204,7594	3345,1464	7289,4545	4,2647	5642633,5000
Resíduo	48	1,7638	1708,2435	208,4921	1327,8480	4955,6000	5,6475	5398952,5000
C.V. (%)	-	35,02	47,39	43,30	35,91	26,47	34,34	22,00

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 5 - Resumo da análise de variância para altura e diâmetro do caule, de plantas de seringueira, 12 meses após as aplicações de diferentes doses de fosfato de Araxá, calcário e gesso. Lavras - MG, 1983.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Altura	Diâmetro
Fosfato de Araxá (A)	4	243,5131*	0,0072
Calcário e Gesso (B)	4	239,5673*	0,0102
A x B	16	88,1615	0,0062
Blocos	5	89,4617	0,0030
Resíduo	120	97,6793	0,0059
C.V. (%)	-	16,22	10,77