

JOSÉ UNALDO BARBOSA SILVA

Efeitos do Superfosfato Simples e de seus Nutrientes Principais no Crescimento do Limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em Vasos, até a Repicagem.

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de "Mestre."

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1981.

EFEITOS DO SUPERFOSFATO SIMPLES E DE SEUS NUTRIENTES PRINCIPAIS NO
CRESCIMENTO DO LIMOEIRO 'CRAVO' (*Citrus Limonia* Osbeck) EM VASOS,
ATÉ A REPLICAGEM

APROVADA :

M de Souza

Prof. Maurício de Souza
Orientador

Carlos Ramirez de Rezende e Silva

Prof. Carlos Ramirez de Rezende e Silva

F. Dias Nogueira

Prof. Francisco Dias Nogueira

Luiz Augusto de Paula Lima

Prof. Luiz Augusto de Paula Lima

Luiz Henrique de Aquino

Prof. Luiz Henrique de Aquino

Ao meu pai Luciano,
ã minha mãe Laurinete (in memoriam),
por tudo que por mim fizeram, com
profunda admiração e orgulho.
Aos meus irmãos,
especialmente Vera, e, aos cunhados e
sobrinhos como homenagem.

À minha esposa Edna pelo amor
e carinho e ao filho Júnior

DEDICO

BIOGRAFIA

JOSÉ UNALDO BARBOSA SILVA, filho de José Luciano da Silva e Laurinete Barbosa de Oliveira Silva, nasceu no município de Boquim, Sergipe, no dia 11 de abril de 1951.

Concluiu o curso primário no Grupo Escolar "Severiano Cardoso" em 1965, e o curso ginásial no colégio Santa Teresinha em 1969, na cidade de Boquim, e em 1972, concluiu o curso científico no colégio Estadual Atheneu Sergipense, na cidade de Aracaju, Sergipe.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica em 1976, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Em 1977 foi contratado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Sergipe - EMATER - SE, sendo no mesmo ano colocado a disposição da Superintendência da Agricultura e Produção - SUDAP, para trabalhar em pesquisas com citros, na Estação Experimental de Boquim.

Liberado em 1979, para realizar curso de Pós-Graduação em Agronomia, concentração na área de Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo!.....

À Secretaria da Agricultura do Estado de Sergipe, na pessoa do Engº Agrº Luiz Ferreira dos Santos pela oportunidade concedida.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Sergipe EMATER - SE, nas pessoas dos Engºs Agrônomo Antonio Viana Filho, Carlos Alberto Nogueira Soares e Carlos França.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL, na pessoa do Prof. João Márcio de Carvalho Rios e, em especial ao Departamento de Agricultura, na pessoa do Prof. Hélio Corrêa.

Ao Prof. Maurício de Souza, pela valiosa e eficiente orientação.

Aos Engºs Agrônomo da Estação Experimental de Boquim, especialmente ao seu chefe José Trindade e ao colega João Emídio Filho, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas, Engºs Agrônomo, Geraldo Soares Barreto, Luiz Simões de Faria, Etélio de C. Prado, José Valmor Ribeiro e Carlos Augusto Pereira, pelo apoio.

Aos Profs. José Vítor Silveira e Paulo César Lima, pela ajuda na programação para o computador.

Ao Prof. Luiz Henrique de Aquino, pelo auxílio na análise estatística.

Ao Prof. Victor Gonçalves Bahia, pela cessão de espaço na casa de vegetação.

Aos Profs. Magno Patto Ramalho, Carlos Ramirez de Rezende e Silva, Thadeu de Pádua e João Batista Soares da Silva, pelas su gestões.

Ao chefe do laboratório de Química "John H. Weelock" da ESAL, Prof. Joaquim dos Santos Penoni, pela cessão do laboratório, e às suas laboratoristas, pela ajuda.

Aos colegas Amantino Martins Nicoli, Manoel Machuca Neto, Eduardo Meneghel Rando, Antenor Francisco de Figueiredo, Antonio Cláudio Davide e esposa, José Moisés Luna Rondon e esposa e Car los Alberto Tucci e esposa pelo companheirismo e amizade.

Aos funcionários do pomar da ESAL, nas pessoas dos Srs. ' Ival de Souza Arantes, José Ribeiro Sobrinho e Pedro José de Lima, pela ajuda na coleta dos materiais e montagem do experimento.

Aos bibliotecários Dorval Botelho Santos, Maria Aparecida de Carvalho Silva e Marília Ferreira de Carvalho, da Biblioteca ' Central da ESAL, pela atenção e ajuda nas correções bibliográfi - cas.

À todos aqueles que de forma direta, ou indireta, contribui ram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	página
1. INTRODUÇÃO	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA	3.
2.1. Fósforo	3.
2.2. Cálcio	12.
2.3. Enxofre	17.
3. MATERIAL E MÉTODOS	21.
3.1 Material	21.
3.1.1. Substrato	21.
3.1.2. Sementes	23.
3.1.3. Fertilizantes	23.
3.2. Métodos	24.
3.2.1. Delineamento experimental e tratamentos	24.
3.2.2. Parcela	24.
3.2.3. Instalação e condução do experimento	25.
3.2.4. Coleta e análise química das amostras do substrato	27.

3.2.5. Coleta e análise química dos limoeiros	28.
3.2.6. Coleta dos dados de crescimento	29.
3.2.7. Análise estatística	29.
4. RESULTADOS	30.
4.1. Elementos químicos e valores de pH determinados nas amostras do substrato	31.
4.1.1. Fósforo	31.
4.1.2. Potássio	35.
4.1.3. Cálcio mais Magnésio	35.
4.1.4. Enxofre	36.
4.1.5. Alumínio	36.
4.1.6. pH	38.
4.2. Nutrientes determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo'	40.
4.2.1. Nitrogênio	40.
4.2.2. Fósforo	44.
4.2.3. Potássio	47.
4.2.4. Cálcio	47.
4.2.5. Magnésio	49.
4.2.6. Enxofre	50.
4.2.7. Boro	50.
4.2.8. Cobre	53.
4.2.9. Manganês	53.
4.2.10 Zinco	56.
4.3. Crescimento dos limoeiros 'Cravo'	56.
4.3.1. Altura dos limoeiros 'Cravo' aos três meses pós - semeadura	59.

4.2.3. Altura dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós- semeadura	59.
4.3.3. Comprimento das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura	62.
4.3.4. Peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura	64.
4.3.5. Peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura	66.
4.3.6. Peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura	66.
5. DISCUSSÃO	70.
6. CONCLUSÕES	81.
7. RESUMO	84.
8. SUMMARY	87.
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90.

LISTA DE QUADROS

Quadro		página
1	Valores de alguns componentes físicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletadas em duas profundidades - ESAL, Lavras, MG, 1979	22.
2	Valores de alguns componentes químicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletadas em duas profundidades - ESAL, Lavras, MG, 1979	23.
3	Teores dos principais nutrientes determinados na amostra dos fertilizantes. ESAL, Lavras, MG, 1979 .	23.
4	Teores dos nutrientes em g/m ³ do substrato para cada nível de SS, AF, CC e S, usados no experimento. ESAL, Lavras, MG. 1979	26.
5	Resumo da análise de variância para os teores de P, K, Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ , S, Al ⁺⁺⁺ e valores de pH, determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adu	

	bados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S.ESAL, Lavras, MG. 1980	32.
6	Médias por tratamento dos teores de P, K, Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ , S, Al ⁺⁺⁺ e valores de pH determinados nas amostras do substrato coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S ESAL, Lavras, MG, 1980	33.
7	Resumo da análise de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980	42.
8	Resumo da análise da variância para os teores de B, Cu, Mn, e Zn, determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e SS ESAL, Lavras, MG. 1980	43.
9	Médias por tratamento dos teores de N, P, K, Ca, Mg, e S, determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980	45.
10	Médias por tratamentos dos teores de B, Cu, Mn e Zn, determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura,	

Quadro

página

	adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras MG. 1980	52.
11	Resumo da análise de variância para características de crescimento dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos três e seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980	58.
12	Médias por tratamento das características de crescimento dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos três e seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC, e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.	60.

LISTAS DE FIGURAS

Figura		página
1	Equações de regressão para os teores de P determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, e AF. ESAL, Lavras, MG. 1980	34.
2	Equações de regressão para os teores de Ca^{++} + Mg^{++} , determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo, adubados com diferentes níveis' de SS e CC ESAL, Lavras, MG. 1980	37.
3	Equações de regressão para os teores de Al^{+++} determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980	39.

Figura

página

- 4 Equações de regressão para os valores de pH de terminados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980 41.
- 5 Equações de regressão para os teores de N de terminados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980 46.
- 6 Equações de regressão para os teores de P de terminados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, e AF. ESAL, Lavras, MG. 1980 48.
- 7 Equações de regressão para os teores de Ca de terminados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e CC. ESAL, Lavras, MG. 1980 49.
- 8 Equações de regressão para os teores de S de terminados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e S. ESAL, Lavras, MG. 1980 51.
- 9 Equações de regressão para os teores de B de terminados nas amostras da m.s. total dos li

Figura

página

	moeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, e S. ESAL, MG. 1980	54.
10	Equação de regressão para os teores de Cu <u>de</u> terminados nas amostras da m.s. total dos <u>li</u> moeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de CC. ESAL, Lavras, MG. 1980	55.
11	Equação de regressão para os teores de Mn <u>de</u> terminados nas amostras da m.s. total dos <u>li</u> moeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e CC. ESAL, Lavras, MG. 1980	57.
12	Equações de regressão para altura dos limoeiros 'Cravo', coletada aos três meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e CC ESAL, Lavras, MG, 1980	61.
13	Equações de regressão para altura dos limoeiros 'Cravo', coletada aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, e CC ESAL, Lavras, MG. 1980	63.
14	Equações de regressão para o peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', coletada aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980	65.

Figura

página

- 15 Equações de regressão para o peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo', coletado aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980 67.
- 16 Equações de regressão para o peso da m.s. to tal dos limoeiros 'Cravo', coletado aos seis ' meses pós-semeadura adubados com diferentes ní veis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG.1980. 69.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, possui a maior população de plantas cítricas em todo o mundo. Estima-se existirem no país, cerca de 150 milhões de árvores e este número cresce continuamente, a uma taxa de 5 a 10 milhões de novas árvores por ano, segundo SALIBE (62).

As plantas cítricas são propagadas tecnicamente, através de mudas enxertadas obtidas através de duas fases principais, a da sementeira e a do viveiro. Na sementeira ocorre a primeira fase da formação da muda em que o objetivo principal é o de obter porta-enxertos saudáveis e vigorosos.

Atualmente o porta-enxerto mais utilizado é o limoeiro 'Cravo', também conhecido pelos nomes de 'Rosa', 'Bravo', 'Vinagre', 'Vermelho' e 'Galego'. De um modo geral, ele está entre os porta-enxertos que induzem maiores produções às copas e que se adaptam a diversos tipos de clima e solo, conforme menciona POMPEU JUNIOR (53).

Não obstante a grande produção de mudas, a literatura no país apresenta escassez de informações sobre aplicação de fertilizantes em sementeira, em condições de vasos. Normalmente, as

recomendações para substrato de sementeiras cítricas, quando existem, têm sido feitas no sentido da aplicação do superfosfato simples ou similar, sendo o mesmo considerado fonte exclusiva de P. Entretanto, o superfosfato simples possui em sua composição, além do P, o Ca e o S em teores expressivos, segundo MALAVOLTA et alii (41).

Apesar dos teores expressivos do Ca e do S, assim como o fato de serem considerados elementos essenciais para as plantas, alguns pesquisadores tanto em citros, como em outras culturas, aplicando o superfosfato simples, têm concluído em função exclusiva do P, contido no mesmo, sem considerarem o Ca e o S. Dessa maneira, podem estar tanto superestimando, como subestimando o efeito do P.

Diante destes fatos, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de verificar os efeitos do superfosfato simples e de seus nutrientes principais, no crescimento do limoeiro 'Cravo' em vasos, até a repicagem, bem como o efeito destes nutrientes nos teores de P, K, Ca^{++} + Mg^{+++} , S, Al^{+++} e valores de pH no substrato, e nos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn na matéria seca (m.s.) total das plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As plantas cítricas, como todos os vegetais superiores, crescem e desenvolvem-se retirando do ar e do solo, os nutrientes de que necessitam para sua constituição e/ou metabolismo.

A carência dos nutrientes no solo, seja devida à natureza dos mesmos, à retirada através de cultivos sucessivos, ou devida à erosão, contribuem para o baixo rendimento das plantas.

Em solos naturalmente pobres, ou mesmo naqueles que perderam a sua fertilidade natural, a adição dos nutrientes para corrigir sua carência, pode ser feita de várias maneiras, sendo o uso de fertilizantes, uma delas. De um modo geral a maioria dos fertilizantes possuem em sua constituição mais de um nutriente de plantas, como é o caso do superfosfato simples, que contém em média 20% de P_2O_5 , 27% de CaO e 12% de S segundo MALAVOLTA et alii (41).

2.1. Fósforo

Após o N, os dois nutrientes mais comuns limitando as produções nos trópicos, são provavelmente o P e o S segundo SANCHEZ (64). No Brasil a importância do P, ficou provada segundo

VAN RAIJ (74) através de um programa desenvolvido na década de 70 pela ANDA, FAO e ABCAR. Os resultados de 33 experimentos mostraram que para o Estado de Minas Gerais, doses crescentes de P aumentaram a produção das plantas em todos os casos.

Existem diversas fontes minerais capazes de aumentar o P da solução do solo e, conseqüentemente, sua disponibilidade às plantas. Estas fontes diferem na concentração e solubilidade em P, segundo KORNDORFER (33).

Atualmente as principais fontes destes fertilizantes são os superfosfatos, obtidos mediante tratamento do mineral fosfático bruto, com quantidades apropriadas de ácido sulfúrico. Deste modo, uma grande proporção do P encontrada no mineral, se modifica para a forma primária de fosfato, embora permaneça certa quantidade na condição secundária. Por este processo de produção obtém-se a maior parte dos superfosfatos que se utilizam na agricultura, de acordo com BUCKMAN & BRADY (12).

Existem no mercado segundo MALAVOLTA (38), três tipos de superfosfato; o superfosfato 30, o superfosfato triplo, também conhecido como superfosfato duplo e o superfosfato simples, sendo que neste último, o P é quase totalmente solúvel em água.

Outros fertilizantes contendo P, são usados em menor escala que os superfosfatos, como os fosfatos monomônico e diamônico, farinhas de ossos degelatinadas e autoclavadas e os fosfatos naturais, como o fosfato da Flórida, fosforita de Olinda, apatita de Araxá, Jacupiranga e Monte Serrote. Temos ainda o Ácido fosfórico (H_3PO_4), descrito por Pauling citado por FRANCO (21), como uma substância estável sem poder oxidante, sendo classificado como ácido fraco com propriedades para se condensar facilmente. Puro é

um líquido viscoso, resultante da dissolução do pentóxido de P em água.

O P no solo, ocorre tanto em forma orgânica como inorgânica, sendo ambas importantes para os vegetais como fonte deste nutriente, segundo BUCKMAN & BRADY (12). De acordo com estes mesmos autores, os três grupos principais de compostos orgânicos de P encontrados nos vegetais, acham-se também presentes no solo, e são: fitina e seus derivados, ácidos nucléicos e fosfolipídeos. Como compostos inorgânicos de P existem dois grupos: o que contém Ca e o que contém Fe e Al.

No solo, o P se encontra na forma fixada como P fortemente adsorvido (ligado ao Ca, Fe e Al), na forma disponível (P fracamente adsorvido e na solução do solo) e na forma de P orgânico, segundo MALAVOLTA (38).

O P aplicado ao solo, através de fertilizantes, não se perde por volatilização ou por arrastamento, sendo um nutriente relativamente estável. De acordo com OLSEN et alii (49), quando o P solúvel é aplicado, poderá ser absorvido pelas plantas ou sofrerá o fenômeno de fixação.

Conforme relatam Boby e Heck, citados por ARAÚJO (1) e ROY et alii (61), apenas 10 a 30% do P adicionado ao solo é utilizado pela planta, sendo o restante fixado. Isso ocorre segundo OLSEN et alii (50), porque em solos alcalinos há formação de fosfato de cálcio, enquanto que em solos ácidos, onde o Fe e o Al aparecem em grandes quantidades, ocorre a formação de fosfatos de Fe e Al. No entanto, de acordo com MALAVOLTA et alii (41), a fixação do íon fosfato pelos solos, não inutiliza o P para as plantas. Torna-se apenas um obstáculo a sua lavagem.

Os níveis de P no solo, são determinados, usando-se solução extratoras que simulam a sua absorção pelas plantas

segundo Chandler citado por BIASI (6). Entretanto, segundo BRAY, citado por SANCHEZ (64), um método para ser eficiente, deve atender a três critérios: a) deve extrair toda ou uma parte proporcional das formas disponíveis do nutriente, em solos com amplas diferenças em propriedades, b) o método deve ser rápido e preciso e c) as quantidades extraídas, devem ser correlacionadas com o crescimento e resposta de cada cultura para o nutriente em questão sob várias condições.

Atualmente, existem vários métodos, para se determinar o P disponível no solo para as plantas. OLSEN (51) cita, para as condições de solos ácidos, os seguintes métodos: 1) complexação usando NH_4F que complexa o Al-Pe HCl que informa sobre o fosfato de rocha no solo; nesta categoria dois extratores vem sendo utilizados: Bray I e Bray II; 2) Solvente com os extratores Truog, Carolina do Norte ou Melick e HCl; todos estes utilizam-se de soluções ácidas de H_2SO_4 e HCl; 3) Troca de ânions, usando-se sais de enxofre. Para as condições de solos calcários; cita o método de Olsen que utiliza o NaHCO_3 -0,5 M a pH 8,5. No Brasil, o método de extração mais usado nos programas de fertilidade do solo, é o da Carolina do Norte ou Melick, que utiliza o H_2SO_4 e o HCl a 0,25N e 0,05 N respectivamente.

De acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17), os níveis de P no solo, são estabelecidos, levando-se em consideração a textura do mesmo. Para solos argilosos; os níveis são considerados:baixo,médio e alto,quando compreendidos nas faixas de teores de 0 a 0,0005 de 0,0006 a 0,001 e maior que 0,001% respectivamente,

Entretanto,segundo Smith, citado por SOUZA (68), quando o P é encontrado na solução do solo ou na solução nutritiva'

acima do nível em que é considerada deficiente, não causa distúrbio no crescimento da parte aérea dos citros.

Para que os íons sejam absorvidos pelas raízes das plantas, eles precisam entrar em contato com a superfície das mesmas. Geralmente consideram-se três maneiras pelas quais o contato se efetua, segundo WILKINSON (76); difusão, fluxo de massa e interceptação radicular. O processo de difusão, segundo OLSEN (49) é mais importante para o movimento do P para a superfície das raízes. Caracteriza-se pelo movimento dos íons, em um meio de um ponto de alta concentração, para um de menor, sendo que este processo não envolve necessariamente o movimento da água.

O P, é absorvido pelas raízes das plantas, principalmente como íon H_2PO_4 (fosfato), e tem papel importante na fotossíntese e nos processos metabólicos das plantas. É constituinte de algumas núcleo proteínas encontradas em todas as células vegetais e, aparentemente, é necessário para que a divisão celular se realize. É, também, um constituinte da lecitina e, frequentemente, encontrado em enzimas, EPSTEIN (20).

Desempenha papel fundamental na respiração, seja no desdobramento inicial da glicose, seja no armazenamento, transfêrência e na utilização da energia gerada no processo segundo KAMPFER E UEXKULL (31). Para Smith e Reuther, citados pelos mesmos autores, é de grande importância no sistema radicular, nos processos de maturação e no metabolismo das "plântulas".

Em comparação com outros nutrientes, como N, K e Ca, as quantidades de P absorvidas pelas plantas cítricas, são pequenas. Chapman e Kelley, citados por KAMPFER & UEXKULL (31), analisando o conteúdo de N, P, K e Ca na m.s. de folhas, ramos e tron

cos de plantas cítricas, encontraram os seguintes resultados: N, 2,64%; P, 0,42%; K, 2,27% e Ca, 6,53%. Mesmo sendo pequenas, proporcionalmente, as quantidades de P, vários autores (9,31,73,7 e 68), obtiveram respostas positivas no crescimento de plantas cítricas com aplicações de P.

— GALLO et alii (23) e SOUZA (68), aplicando P ao solo na forma de superfosfato simples, obtiveram aumento do teor deste nutriente, quando analisaram amostras coletadas posteriormente, na mesma área. Estes mesmos autores também encontraram elevado teor de Ca no solo, como resultado da aplicação do superfosfato simples.

Estudos e observações, têm demonstrado que o teor de nutrientes nas plantas é afetado pela temperatura, por características químicas e físicas do solo, espécie ou cultivar assim como as interações entre os nutrientes no solo ou na planta.

O efeito da temperatura na absorção de nutrientes pelas plantas foi observado por CORNILON (18) e GIORDANO & MORTVEDT (24). Estes autores, verificaram em milho e tomate cultivados em casa de vegetação, que temperaturas acima de 22°C favoreceram a absorção do N, P, K e Zn, enquanto que temperaturas abaixo de 12°C, favoreceram a absorção do Ca e Mg.

— As características físicas do solo, especialmente sua textura, influenciam os teores dos nutrientes nas plantas. De acordo com OLSEN (51), para um mesmo nível de absorção pelas plantas, em solos argilosos, a quantidade a ser fornecida deve ser maior que a solos de textura arenosa, isto devido a maior capacidade tampão daqueles. Neste sentido WOODRUF & KAMPRATH (77), mostraram haver uma relação entre a textura do solo e a máxima absorção de P. Assim foram necessários 18,104, e 342 ppm de P, para

se obter a máxima adsorção em solos com 2,0%, 7,5% e 38% de argila respectivamente.

Com respeito às exigências variáveis por espécies ou cultivares, SANTOS (65) encontrou variações nos constituintes minerais de citrinas de diversas cultivares.

Com relação às interações entre os nutrientes, vários trabalhos desenvolvidos tanto com plantas cítricas como com outras plantas, mostraram claramente estas ocorrências. O teor de um dado nutriente na planta pode ser influenciado pela presença de outro e, três casos principais de interações podem ocorrer segundo relata MALAVOLTA (38): 1) antagonismo, quando a presença de um nutriente no meio diminui a absorção de outro, isto é comum entre o Ca e Cu; 2) inibição, que pode ser tanto competitiva, caso entre o K e o Ca e, não competitiva como ocorre entre o P e Zn e 3) sinergismo, um íon aumentando a absorção do outro, caso do K e do Ca; quando o Ca está em baixas concentrações.

Segundo CHAPMAN & BROWN (16) e West & Crawford, citados por FRANK & MARTIN (22) e MALAVOLTA (38) excessivas doses de P, reduzem a eficiência da fertilização nitrogenada. GALLO et alii (23), HASS & BRUSCA (26) e SOUZA (68), estudando o efeito do P, nos constituintes minerais de folhas de citros, observaram que entre N e P existem certas relações. Quando o P foi aplicado em doses altas, o teor de N na m.s. das folhas foi baixo quando comparado aos tratamentos que receberam menores doses. Entretanto BINGHAM et alii (7), não constataram em "seedlings" de citros efeito do P sobre o teor de N, quando analisaram a m.s. das folhas.

Menores teores de K na m.s. das folhas de citros, causados por doses elevadas de P, foram observados por vários pesqui

sadores (55,31,7,23 e 68). Os primeiros autores trabalharam com o superfosfato simples em sementeiras, enquanto que os dois últimos trabalharam com plantas adultas. Segundo MALAVOLTA (38), entre P e K existe interação do tipo inibição não competitiva.

→ Aumentos no conteúdo de Ca na m.s. de folhas cítricas, provocados por aplicações de superfosfato simples, tanto em sementeiras como em plantas adultas, foram observados por BINGHAN et alii (7) e SOUZA (68), respectivamente.

Segundo Reuther et alii, citados por KAMPFER & UEXKULL (31), a absorção do Mg é fortemente influenciada pelo P e, que o efeito é sinérgico, CHAPMAN & BROW (16), BINGHAN et alii (7) e SOUZA (68), analisando a m.s. de folhas de citros adubados com superfosfato simples, verificaram que doses mais altas aplicadas ao solo, causaram teores mais elevados de Mg. Entretanto, por outro lado, HASS & BRUSCA (26) e DECHEN et alii (19), verificaram que adubação com P, provocou deficiência de Mg, em folhas de citros.

→ Adequada nutrição de plantas com micronutrientes, segundo OLSEN (48), depende em geral de fatores outros, como a habilidade do solo em suprir estes nutrientes. Interações ocorrem entre os micronutrientes, como também com alguns macronutrientes e, tais interações podem ocorrer no solo, ou dentro da planta. As influências do P, sobre micronutrientes foram constatadas na Flórida, Califórnia e Washington, conforme mencionado por KAMPFER & UEXKULL (31). Em citros, BINGHAN et alii (7), testando em casa de vegetação o superfosfato simples em nove solos da Califórnia, concluíram que doses crescentes de P, aumentaram seu teor na planta e diminuíram consideravelmente a absorção do B.

A diminuição do conteúdo de Cu na m.s de folhas de citros, devido às altas doses de P, aplicadas na forma de superfosfato simples, foi determinada por vários autores, como FRANK & MARTIN (22), LABANAUSKAS et alii (35), Brian, citado por KAMPFER & UEXKULL (31) e BINGHAN et alii (7). Segundo OLSEN et alii (50), interação de P com Cu, resulta do uso prolongado de fertilizantes fosfáticos. Em citros deficiências de Cu foram induzidas por aplicações de 180 ppm de P.

Aumento nos teores de Mn em folhas de plantas cítricas, submetidas a doses elevadas de P, foram determinados por FRANK & MARTIN (22) e LABANAUSKAS et alii (35), tendo o primeiro trabalho com "seedlings" e, o segundo até o sétimo ano de idade das plantas.

A interação entre P e Zn é usualmente considerada como P induzindo deficiência de Zn. Segundo OLSEN (48) esta desordem no crescimento da planta, é comumente associada com altos níveis de P disponível e com aplicações recentes de fertilizantes contendo P. Para este autor, a causa deste mecanismo não é conhecida. Explorações tem sido dirigidas para quatro possíveis causas: 1) interação entre P e Zn ocorre no solo; 2) reduzida velocidade de translocação do Zn para a raiz; 3) simples efeito de diluição da concentração do Zn na superfície das raízes, como resposta ao crescimento com o P e 4) desordem metabólica dentro das células das plantas, relatada como desbalanço entre P e Zn, ou condições onde uma excessiva concentração de P, interfere na função metabólica do Zn em certos locais da célula.

Em plantas cítricas, diminuição nos teores de Zn na m.s. de suas folhas, provocada por doses altas de P, aplicadas na forma de superfosfato simples, foi determinada por Brian, citado

por KAMPFER & UEXKULL (31), BINGHAM et alii (7) e FRANK & MARTIN (22).

As recomendações para aplicação de P em sementeiras de citros, são muito variáveis. AROEIRA (2), recomenda a incorporação de 50 a 100 g de supesfosfato simples/m² de sementeira, enquanto que SALIBE (63) recomenda 100 g de superfosfato simples/m² de sementeira. Na Flórida REUTHER (57), recomenda para sementeiras de citros, o uso de 112,5 a 280g/m² da fórmula 4-7-5, em intervalos de 4 semanas, quando as plantas estiverem com 2,5 a 4,0 cm de altura. BINGHAM et alii (7), obtiveram para alguns solos da Califórnia respostas positivas em "seedlings" de citros, com doses de 450g de superfosfato simples/m².

2.2. Cálcio

O Ca, é usado na correção do solo, e também para elevar o seu pH. Entretanto, sua maior importância é a de um nutriente. A grande maioria dos solos das regiões tropicais úmidas, tem reação ácida e, a origem desta acidez, de acordo com SANCHEZ (64), tem sido atribuída a dois fatores principais: remoção do Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ do solo e/ou adição de íons de hidrogênios de várias fontes.

Consegue-se aumento do teor de Ca e do pH do solo, mediante adição de quantidades razoáveis de alguns compostos que contenham cálcio. Dentre os compostos que contêm Ca e que podem ser utilizados na calagem temos: os óxidos de cálcio, os hidróxidos de cálcio e os carbonatos de cálcio. Além de alguns fertilizantes que o possuem em sua composição.

Os carbonatos de Ca, de acordo com MALAVOLTA (39) são

obtidos como subprodutos da indústria, como também de conchas de ostras e carbonatos precipitados, possuindo um teor médio de 44,8% de CaO.

No solo o Ca aparece em diferentes formas, tais como :
 1) minerais primários 2) carbonatos e sulfatos, 3) minerais secundários, 4) ligado a M.O, 5) trocável e 6) solúvel, de acordo com MALAVOLTA (38).

Segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17), em solos de textura argilosa, os níveis de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, são considerados: baixo, médio e alto, quando os seus teores estão compreendidos entre: 0 a 2,2, 2,1 a 5 e maior que 5mE/cm³ de solo respectivamente. Enquanto que para o Al^{+++} , os níveis são considerados: baixo, médio e alto, quando os seus teores no solo estão na faixa de: 0 a 0,3; 0,4 a 1,0 e maior que 1,0 mE/100 cm³ de solo respectivamente. Entretanto, outros critérios podem ser utilizados para mencionar o Al^{+++} , como presente no substrato a nível tóxico, OLMOS & CAMARGOS (47), sendo um deles a relação existente entre o Al^{+++} e as bases permutáveis, denominada de saturação do Al^{+++} .

O aumento de pH de 5,0 para 6,5 pode diminuir a solubidade do Fe, Al e Mn e a disponibilidade de P e Mo pode aumentar, assim como os teores de Ca e Mg trocáveis no solo de acordo com (69,5,39 e 42).

Segundo Adans e Pearson, citados por PONS et alii (54), o pH baixo em si, não é o fator principal da baixa produtividade das plantas em solos ácidos. De acordo com KAMPRATH & FOY (32), os efeitos diretos do H⁺ sobre o desenvolvimento das plantas, no solo, são de difícil determinação por que nos valores de pH em que o H é

nocivo o Al, também é solúvel em concentrações tóxicas concordando com BLACK (8), MOHR(45) e REEVE & SUMMER (56).

O Ca, atinge a superfície das raízes principalmente pelo movimento de seus íons em solução com a água, sendo este movimento denominado de fluxo de massa, de acordo com OLSEN et alii (49). Absorvido na forma de Ca^{++} , sua maior parte, segundo MALAVOLTA et alii (41) encontra-se nas folhas, sendo 60% nos cloroplastos e, como não se transloca facilmente, é detectado em maiores quantidade nas folhas, é encontrado na lamela média das paredes celulares como sal de compostos pectínicos.

Na planta, segundo EPSTEIN (20) e KAMPFER & UEXKULL (31), o Ca é o elemento dominante, com cerca de 3 a 5% da m.s. e que este serve primeiramente como elemento constitutivo da estrutura vegetal e, por outra parte desempenha importantes funções fisiológicas no metabolismo, bem como na mineralização de ácidos orgânicos (málico e oxálico). De acordo com MASCARENHAS (42), o Ca tem grande importância no desenvolvimento radicular, onde exerce três funções: a) na divisão celular; b) no alongamento celular e c) no processo de desintoxicação dos íons H.

Vários pesquisadores como Jackson abordado por BEN (5) e EPSTEIN (20) afirmam que a falta de Ca pode tornar tóxicos outros íons presentes, devido à quebra da integridade da membrana plasmática (plasmalema). Ao mesmo tempo, ocorre destruição do tecido meristemático da raiz, principalmente, cessando seu crescimento e, quando a deficiência é severa, pode ocorrer a morte do tecido.

Smith e Cary, citados por SOUZA (68), referindo-se ao efeito de diferentes níveis de Ca, no crescimento dos citros, dizem que fatores correlacionados ao mesmo, como a concentração

no solo, o desequilíbrio de outras bases ou indução das carências de micronutrientes, dificultam a interpretação dos resultados, obtidos em pesquisas. Apesar deste fato, laranjeiras novas podem ter crescimento rápido e vigoroso com teores de 1 a 2% nas folhas de 4 a 5 meses. Entretanto, árvores adultas mostraram menores crescimento com teor de 1,5% na m.s. das folhas com 4 a 5 meses.

O teor de Ca nas plantas cítricas, portanto, é variável de acordo com uma série de fatores, tais como: tipo de solo, teor de Ca no solo, tipo de calcário e variedades, copa e porta-enxertos, entre outros. Assim RODRIGUES & GALLO (60), em um levantamento do estado nutricional dos pomares do Estado de São Paulo, observaram que o conteúdo de Ca nas folhas variaram de 2,06 a 5,00% sendo considerado 1,5% como limite de deficiência. BRAGA (10) em Minas Gerais, obteve valores entre 1,81 a 3,08%. SANTOS (65), também em Minas Gerais obteve teores de Ca nas folhas de tangerina 'Murcote' e de laranjeiras 'Baianinha', 'Valência', 'Natal' e 'Pera Rio', variando entre 2,5% e 3,82%.

O efeito do P, K e Ca no crescimento da parte aérea da laranjeira 'Pera Rio', em um solo de cerrado no sul de Minas Gerais, foi estudado por SOUZA (68). Ele obteve valores de Ca na m.s. variando entre 0,95% a 4,95%, e a aplicação do superfosfato simples, provocou aumento de Ca na m.s. da folha, e aumento da concentração de $Ca^{++} + Mg^{++}$ no solo e do pH. A aplicação de Ca também aumentou a concentração de P, e reduziu a de K na m.s. da folha.

O Ca pode participar da absorção de N, segundo menciona MASCARENHAS (42). Aso & Stein, citados por SOUZA (68), obtiveram correlação positiva entre os níveis foliares de Ca e N em

citros. Entretanto GALLO et alii (23) e SPENCE & KOO (70), verificaram que o teor de N decresceu nas folhas das plantas, com elevado suprimento de Ca.

A disponibilidade do P, pode aumentar com o aumento do pH de um solo ácido, pela adição de Ca, segundo RIXON & SHERMAN (59) e KAMPRATH Y FOY (32). SPENCE & KOO (70), em trabalhos com " Grapefruit", observaram que suprimento elevado de Ca, aumentou o conteúdo de P nas folhas das plantas.

O Ca na planta exerce dois efeitos antagônicos. O primeiro é inibitório e diminui a assimilação não metabólica do K, e o segundo é estimulante e resulta da participação do Ca nos mecanismos metabólicos de assimilação do K. O efeito estimulante, segundo menciona KAHN & HANSON (30), ocorre em pH abaixo de 6,5 enquanto que acima deste valor, o efeito é depressivo. Em citros, SPENCE & KOO (70), verificaram que aplicações de doses crescentes de Ca ao solo, provocaram menores teores de K na m.s. das folhas, quando comparado a teores analisados em folhas de plantas que receberam menores doses de Ca.

O teor de Mg na planta, segundo BEN (5), pode ser elevado devido a aplicações de Ca. Entretanto JACOBY (29), comprovou que a elevada concentração de Ca, foi a causa da diminuição na absorção de Mg por plantas cítricas.

O efeito de doses altas de Ca, na diminuição da absorção de B, Cu, Mn e Zn, tem sido relatado por vários pesquisadores como (12, 20 42 e 38), e que este efeito é consequência da diminuição da acidez do solo, que diminui a disponibilidade destes micronutrientes. Em citros, estes efeitos, foram observados por Martin et alii, citados por KAMPFER & UEXKULL (31).

2.3. Enxofre

Apesar do S ser considerado um elemento essencial desde cerca de 130 anos, interesse no mesmo, como nutriente de plantas, tem aumentado nos últimos anos, segundo SANCHEZ (64). Para este autor, o S é um nutriente requerido pelas plantas em quantidades semelhantes ao P, e as principais razões para a ocorrência de sua deficiência, são: 1) aumento no uso de fertilizantes mistos e de alta concentração; 2) produções maiores, o que aumenta a sua retirada 3) decréscimo no uso de S, como componente de inseticida, e fungicida, 4) maior consumo de combustíveis com baixo teor de S, e mais ênfase no controle da poluição do ar, reduzindo a fonte atmosférica de S como um nutriente e 5) decréscimo no nível de matéria orgânica no solo.

A crosta terrestre encerra cerca de 0,11% de S, e a rocha mãe, constitui a fonte primária do elemento; ela fornece sulfetos metálicos os quais em solos bem arejados, se transformam em sulfatos. A esse S mineral, junta-se o orgânico, proveniente dos restos animais e vegetais e da M.O. dos solos. Outra fonte adicional é o SO^{-2} da atmosfera, oriundo da queima de combustíveis fósseis, da madeira e de outros produtos, MALAVOLTA (38).

Segundo MALAVOLTA et alii (41), o enxofre nos solos aráveis está ligado a M.O., sulfatos solúveis na solução do solo, ou adsorvidos no complexo do solo. O S em forma orgânica é convertido por via microbiana, em produtos disponíveis para as plantas.

As deficiências de S nas culturas, segundo Coleman, citado por MASCARENHAS (42), podem ser corrigidas, empregando compostos que contêm esse elemento, ou usando S elementar separada-

mente, ou em mistura com o adubo. Para MASCARENHAS (42) e HIROCE (27), se o superfosfato simples for usado como fonte de P, o suprimento de S é suficiente.

Os teores de S no solo são portanto variáveis, de acordo com a natureza dos mesmos e as condições ambientais. Deste modo, segundo MASCARENHAS (42), os solos com maior teor de S, são aqueles que se formaram em áreas pantanosas, onde houve acúmulo de sulfitos, ou em solos alcalinos de zonas áridas, que apresentam acúmulo de sulfatos inorgânicos. Quanto aos efeitos ambientais, temos o fator temperatura, assim como a relação C:S, (ideal 250) influenciando na mineralização do S. No Brasil, seus teores totais no solo segundo Malavolta, citado, por LOPES (37), variam de 0,02 a 0,24% enquanto que nos EUA variam entre 0,03 e 0,39%.

O S, chega a superfície das raízes, principalmente pelo movimento fluxo de massa sendo absorvido na forma de sulfato (SO_4^{-2}), segundo MALAVOLTA (38). Também pode ser absorvido pelas folhas, nas formas de SO^{-2} e SO^{-} do ar, segundo EPSTEIN (20).

O íon sulfato absorvido pelas raízes, é translocado e reduzido nas folhas. Acredita-se que esteja ligado à redução do nitrato a nitrogênio, e na oxidação de hidratos de carbono. Desse modo, segundo Johnson, citado por MASCARENHAS (42), as plantas com carência de S têm maiores teores de carboidratos e menores teores de compostos de S reduzido.

Na planta, de acordo com EPSTEIN (20), é encontrado nos aminoácidos (cistina, cisteína e metionina) e, conseqüentemente, nas proteínas que os contêm, nos glicosídeos e vitaminas como o ácido lipólico, biotina e tiamina. As ferredoxinas, proteínas que contêm Fe implicada na fotossíntese, na fixação biolôgi

ca do N do ar, e em outras reações de transferência eletrônica, ' contêm enxofre em quantidade equivalente ao Fe presente.

Os níveis de S na m.s. de folhas cítricas, segundo pa drões de classificação apresentado por SANTOS (65), é considera do como deficiente, baixo, ótimo, alto e excesso, quando as mes mas contêm: menos de 0,14%; 0,14 - 0,19%; 0,20 - 0,39%; 0,40 - 0,60% e mais que 0,60% respectivamente.

Entretanto este mesmo autor, encontrou teores de S em folhas de plantas cítricas de diversas cultivares, variando en tre 0,15% a 0,23% evidenciando que, o teor deste nutriente na planta, é função da variedade.

A oxidação do enxofre, segundo MASCARENHAS (42), causa a solubilidade de minerais do solo, pela reação do ácido sulfúri co que se forma com minerais e outras substâncias, que levam a mobilização de alguns nutrientes.

Em plantas cítricas CHAPMAN (14) e Gilbert, citado ' por MASCARENHAS (42), observaram que folhas deficientes em enxofre, mostraram em geral alto conteúdo de N, P, K e Mg, e baixo teor de Ca. KAMPFER & UEXKULL (31), observaram redução na absorção de Ca devido a aplicações elevadas de S.

Aplicação de S no solo, pode aumentar a disponibilida de de K, tendo como consequência, maior absorção deste nutriente pelas plantas. Este efeito foi observado por MCMILLER (44), que aplicando gesso na base de 20 t/ha, obteve aumento no teor de K no solo.

O teor de Mn no solo, aumenta com o aumento da acidez do mesmo. De acordo com vários pesquisadores (31,27,12 e 42); solos ácidos normalmente apresentam teores elevados deste nutri-

ente, o que poderá provocar toxidez às plantas. Segundo MASCARENHAS (42), uma das funções da aplicação de S ao solo é corrigir a deficiência de Mn, provocada por aplicações de doses elevadas de calcário.

KUMAR & SINGH (34), estudando o efeito de diferentes fontes de Zn e S em vários níveis, aplicados à soja, cultivada em solo arenoso, concluíram que S em pequenas doses, aumentou a concentração de Zn, em todas partes da planta. No entanto, quando se aumentou a dose de S, o teor de Zn foi menor.

Entretanto, mesmo sendo considerado um elemento essencial às plantas, por cerca de 130 anos, não há no Brasil resposta de trabalhos experimentais em plantas cítricas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido de setembro de 1979 a março de 1980, na casa de vegetação do Departamento de Ciências do solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais. Lavras situa-se a 21° 14' 06" de latitude sul e 45° 00',00" de longitude W. Gr., na altitude de 918 m.

3.1. Material

3.1.1. Substrato

O substrato foi constituído por material de duas camadas superficiais de solo obtidas de local não cultivado anteriormente, uma de 0-15 cm e outra de 15-30 cm de profundidade. Coletou-se amostras representativas das referidas camadas, procedendo-se às determinações e análises químicas e físicas cujos resultados encontram-se nos Quadros 1 e 2. O solo foi classificado como Latossolo Roxo Distrófico conforme BAHIA (4). 3

QUADRO 1 - Valores de alguns componentes físicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletadas em duas profundidades - ESAL, Lavras, MG, 1979.

Profundidade cm	Areia %	Argila %	Silte %	Porosidade %	Classe Textural
0 - 15	13,75M	75,00A	11,25M	67,00	Argila
15 - 30	12,52M	76,00A	11,48M	65,50	Argila

Análises realizadas no laboratório de Física do solo. Departamento de Ciências do solo da ESAL. A= alto, M = médio.

QUADRO 2 - Valores de alguns componentes químicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletadas em duas profundidades - ESAL, Lavras, MG, 1979.

Profundidade cm	P ppm	K ppm	Ca ⁺⁺ + Mg mE/100cm ³ de solo	Al ⁺⁺⁺ mE/100cm ³ de solo	M.O. %	S %	pH(água) 1:2,5
0 - 15	1B	17B	0,3B	1,3A	4,8	0,0014	4,7B
15 - 30	1B	12B	0,2B	0,8M	4,6	0,0016	5,1B

Análises realizadas pelo Laboratório de Química "John H. Weelock" da ESAL. A = alto, B = baixo, E = elevado, M = médio.

3.1.2. Sementes

Foram utilizadas sementes do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), provenientes de uma única planta matriz, do pomar da ESAL.

3.1.3. Fertilizantes

Utilizou-se o superfosfato simples (SS), como fonte dos três nutrientes: P, Ca e S. Considerou-se o ácido fosfórico (AF), o carbonato de cálcio (CC) e o enxofre elementar (S) como fontes equivalentes aos nutrientes principais do superfosfato simples, ou sejam o P, o Ca e o S respectivamente. O Quadro 3, mostra os resultados da análise dos fertilizantes.

QUADRO 3 - Teores dos principais nutrientes determinados na amostra dos fertilizantes. ESAL, Lavras, MG. 1979.

Fertilizantes	P ₂ O ₅ %	CaO %	S %
Superfosfato simples	19,5	27,0	12,0
Ácido fosfórico	64,0	-	-
Carbonato de cálcio	-	40,0	-
Enxofre elementar	-	-	98

Análises realizadas pelo Laboratório de Química "John H. Weelock" da ESAL.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 17 tratamentos em 6 repetições.

Os tratamentos foram: superfosfato simples no nível 1 (SS_1), nível 2 (SS_2), nível 4 (SS_4), nível 16 (SS_{16}); ácido fosfórico no nível 1 (AF_1), nível 2 (AF_2), nível 4 (AF_4), nível 16 (AF_{16}); carbonato de cálcio no nível 1 (CC_1), nível 2 (CC_2) nível 4 (CC_4), nível 16 (CC_{16}); enxofre elementar no nível 1 (S_1) nível 2 (S_2), nível 4 (S_4), nível 16 (S_{16}), e Testemunha (T).

Os níveis de cada uma das fontes de nutrientes (0, 1, 2, 4 e 16), foram escolhidos tomando o nível 2 como base correspondente ao dobro do nível 1, e a metade do nível 4, e o maior nível sendo 8 vezes o valor do nível 2. Tais níveis foram estabelecidos, com base em SALIBE ⁶² (91). O Quadro 4, mostra como foram formados os tratamentos.

Os teores de P_2O_5 , CaO e S contidos em cada um dos níveis do superfosfato simples, equivaleram aos teores fornecidos pelo AF, CC e S, respectivamente.

3.2.2. Parcela

A parcela foi composta por dois vasos, sendo que cada vaso com 30 cm de altura e com diâmetro de 9 cm foi construído, usando-se dois litros de óleo lubrificante vazios. De um deles foi retirado o fundo, sendo unidos por meio de fita adesiva e,

revestidos internamente por um saco de polietileno sem perfuração, para evitar possíveis perdas de nutrientes e ajudar no controle da irrigação (a). Em cada parcela foram mantidas seis plantas, ou seja, três plantas por vaso.

3.2.3 Instalação e condução do experimento

O material do solo que constituiu o substrato foi peneirado, e recebeu tratamento com 300 mL/m³ de brometo de metila durante 48 h.

Os substratos receberam as fontes de nutrientes de acordo com os seus tratamentos, sendo metade da quantidade de cada tratamento aplicado na camada de 0 - 15 e a outra metade na camada de 15 - 30 cm. O ácido fosfórico, foi aplicado sobre o substrato dentro dos vasos, utilizando-se a água como veículo.

Após o enchimento, dos vasos os tratamentos foram distribuídos em seus blocos aleatoriamente. No dia 12/09/79, 20 dias após o preparo do substrato, as sementes selecionadas por tamanho e tratadas com PCNB a 0,06%, foram colocadas para germinar diretamente nos vasos, em número de 08 por vaso. Oito dias após a germinação, procedeu-se o desbaste de modo a ficarem seis plantas por parcela.

Durante o período experimental de seis meses, foram feitas irrigações diariamente, de modo a manter 50% da porosidade total do solo, ocupada por água. Para este procedimento, tomavam-se amostras dos vasos, que continham 2,6 kg de substrato e adicionava-se água até atingir 3,45 kg aproximadamente, que era a quantidade necessária para se manter aquele volume de poros ocupados

(a) Metodologia proposta pelo professor titular Magno Antônio Patto Ramalho do Departamento de Biologia da ESAL.

QUADRO 4 - Teores dos nutrientes em g/m³ do substrato para cada nível de SS, AF, CC e S, usados no experimento. ESAL, Lavras, MG. 1979.

Níveis	S.simples g/m ³			A.fosfórico g/m ³	C.cálcio g/m ³	Enxofre g/m ³
	P ₂ O ₅	CaO	S	P ₂ O ₅	CaO	S
1	80	110	50	80	110	50
2	160	220	100	160	220	100
4	320	440	200	320	440	200
16	1280	1760	800	1280	1760	800

com água. O volume total de poros do solo foi estimado segundo GROHMAN. (35). 25

Mensalmente, efetuou-se uma aplicação de nitrato de potássio a 0,2% colocando-se 25 ml da solução em cada vaso, assim como um rodízio entre os vasos constituintes de cada parcela. Aos quatros meses após a semeadura, foi aplicado 4 ml por vaso, de uma solução de micronutrientes com a seguinte composição: H_2BO_3 - 2,86; $MnCl_2 \cdot 4 H_2O$ - 1,81; $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ - 1,40; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,22; $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ - 0,08 e $H_2MCO_4 \cdot H_2O$ - 0,02 g/l segundo HOAGLAND & ARNON (39).

Diariamente às 8:30, 13:00 e 17:00 h, foram feitas leituras de temperatura e umidade do ar no interior da casa de vegetação. Como as temperaturas eram altas e a umidade do ar baixa às 10:00 e 13:00 h, o piso era molhado; também sob cada bloco colocou-se baldes com água, além de introduzir-se ar úmido através de aparelhos de circulação de ar, para manter a temperatura e umidade o mais constante possível. A temperatura média do período, foi de $27^{\circ}C \pm 2,42$ e a umidade relativa média dia de 60%.

3.2.4. Coleta e análise química das amostras do substrato

As amostras foram coletadas por ocasião da colheita das plantas, seis meses pós-semeadura. Os sacos de polietileno foram retirados dos vasos e cortados lateralmente, e a seguir, retiradas as amostras, ao longo de todo o perfil do solo que formou o substrato.

Os métodos analíticos utilizados, para a determinação dos teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} e valores de pH, foram aque

les descritos por VETTORI (75) e o S, segundo metodologia descrita por BARDSLEY & LANCASTER (5).

3.2.5. Coleta e análise química dos limoeiros

A coleta dos limoeiros, efetuada seis meses pós-semeadura foi feita cortando-se os sacos de polietileno conforme mencionado no ítem anterior, e colocando-se os mesmos sobre uma peneira. A seguir, com auxílio de jatos d'água separou-se as plantas do substrato, tomando-se todas as precauções para recolher todo sistema radicular. Os limoeiros foram lavados em água corrente e, a seguir em água destilada, e separados em parte aérea e raiz, conforme metodologia utilizada por CASTRO (13).

Após estas operações, as amostras foram colocadas em sacos de papel e, a seguir postas a secar em estufa com circulação forçada de ar por 72 h, à temperatura de 60 °C. Passado este período, para cada tratamento foram pesadas as raízes separadamente e em conjunto com a parte aérea após o que foram trituradas em moinho, dotado de peneira inoxidável, de 20 malhas, e colocadas em frascos de vidros etiquetados. Foram determinados, em base da m.s. total, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn, devido as quantidades da parte aérea e raiz separadas serem insuficientes para análise.

O N foi determinado pelo método de Kjeldahl; o P por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio, o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectro-fotometria de absorção atômica; o B por colorimetria com curcumina e o S pelo método turbidimétrico, conforme processos descritos por

SARRUGE & HAAG (66).

3.2.6. Coleta dos dados de crescimento

Tomou-se a altura das plantas nos vasos aos três e seis meses pós-semeadura, medindo-se do colo até a gema apical. O comprimento das raízes, peso das m.s. da parte aérea, raiz e total das plantas, aos seis meses pós-semeadura. O comprimento das raízes, foi considerado a partir do colo da planta até a ápice da raiz de maior extensão.

3.2.7. Análise estatística

Todos os dados coletados, foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Procedeu-se à análise de regressão entre os níveis de SS, CC e S e as médias dos teores de P, $Ca^{++} + Mg^{++}$, S, Al^{+++} e valores de pH determinados no substrato; N, P, Ca, S, B, Cu, Mn e Zn na m.s. total das plantas; altura das plantas aos três e seis meses, peso da m.s. da parte aérea, da raiz e do total das plantas. As equações foram selecionadas, baseando-se na significância de seus coeficientes, pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

As análises empregadas, foram baseadas em modelos apropriados para o delineamento utilizado, mencionados em STEEL & TORRIE (72) e PIMENTEL GOMES (52).

4. RESULTADOS

Para efeito de apresentação, este tópico foi dividido em três partes. Na primeira parte estão relacionados os teores de P, K, $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, S, Al^{+++} e valores de pH, determinados nas amostras do substrato coletadas aos seis meses pós-semeadura. Na segunda, encontram-se os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' coletados aos seis meses pós-semeadura. E, na terceira parte, estão relacionados os dados de crescimento como altura dos limoeiros 'Cravo' aos três e seis meses pós-semeadura; comprimento das raízes aos seis meses pós-semeadura e pesos da m.s. da parte aérea, da raiz e do total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura.

Para as características analisadas, organizou-se um resumo da análise de variância, com os coeficientes de variações e um quadro de médias por tratamento. Quando a análise de regressão entre os níveis de SS, AF, CC e S elementar e as médias das características avaliadas apresentou efeito significativo para os coeficientes da equação pelo teste t ao nível de 5% de proba-

bilidade, as mesmas foram apresentadas.

4.1. Elementos químicos e valores de pH determinados nas amostras do substrato.

No Quadro 5, encontra-se o resumo da análise de variância para os teores de P, K, Ca^{++} + Mg^{++} , S, Al^{+++} e valores de pH, determinados nas amostras do substrato, assim como os seus coeficientes de variações.

4.1.1. Fósforo

As médias por tratamento dos teores de P, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 6.

Dentre os tratamentos, apenas o SS no maior nível e o AF em seus dois maiores níveis, apresentaram médias de teores de P nas amostras do substrato maiores que a testemunha, conforme o Quadro 6.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes verifica-se, de acordo com o Quadro 6, que para os dois maiores níveis, determinaram-se teores de P maiores nas amostras do substrato em que se aplicou o AF.

A análise de regressão, para os teores de P, apresentou efeito linear para o SS e quadrático para o AF. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 1.

QUADRO 5 - Resumo da análise de variância para os teores de P, K, Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, S, Al⁺⁺⁺ e valores de pH, determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL/Lavras, MG. 1980.

C. Variações	G.L.	Quadrados Médios					pH
		P	K	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	S	Al ⁺⁺⁺	
Blocos	5	0,0000012	6,93	0,21576	0,00000020	0,019	0,018
Tratamentos	16	0,0007000**	890,46**	11,50000	0,00001600**	0,430**	0,750**
Resíduo	80	0,0000010	4,68	0,15100	0,00000014	0,011	0,018
C.V. %		29,47	3,46	31,9	14,15	13,34	2,94

*, ** Indicam efeitos significativos pelo teste F ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

QUADRO 6 - Médias por tratamento dos teores de P, K, Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, S, Al⁺⁺⁺ e valores de pH determinados nas amostras do substrato coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980*.

Tratamentos	P	K	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	S	Al ⁺⁺⁺	pH(1:2,5)
	%	ppm	mE/100 cm ³ de solo	%	mE/100 cm ³ de solo	água
SS ₁	0,0003	67,00	0,70	0,0031	0,93	4,26
SS ₂	0,0005	63,83	1,05	0,0047	0,88	4,20
SS ₄	0,0014	66,16	1,36	0,0047	0,80	4,48
SS ₁₆	0,0039	55,50	4,43	0,0049	0,48	4,98
AF ₁	0,0016	71,00	0,48	0,0011	0,76	4,70
AF ₂	0,0018	69,60	0,38	0,0010	0,81	4,80
AF ₄	0,0047	76,33	0,50	0,0013	0,90	4,68
AF ₁₆	0,0453	82,16	0,53	0,0011	1,01	4,61
CC ₁	0,0002	69,66	0,78	0,0017	0,88	4,36
CC ₂	0,0002	65,00	1,13	0,0016	0,75	4,31
CC ₄	0,0002	68,66	1,93	0,0017	0,50	4,58
CC ₁₆	0,0002	51,50	5,00	0,0011	0,10	5,71
S ₁	0,0002	42,16	0,45	0,0026	0,86	4,61
S ₂	0,0002	47,00	0,38	0,0040	0,85	4,66
S ₄	0,0002	49,00	0,46	0,0043	0,85	4,58
S ₁₆	0,0002	71,33	0,68	0,0058	1,38	4,26
T	0,0002	74,66	0,41	0,0014	0,96	4,46
Tukey 5%	0,0002	4,48	0,80	0,0007	0,22	0,28

* Médias provenientes de 6 repetições.

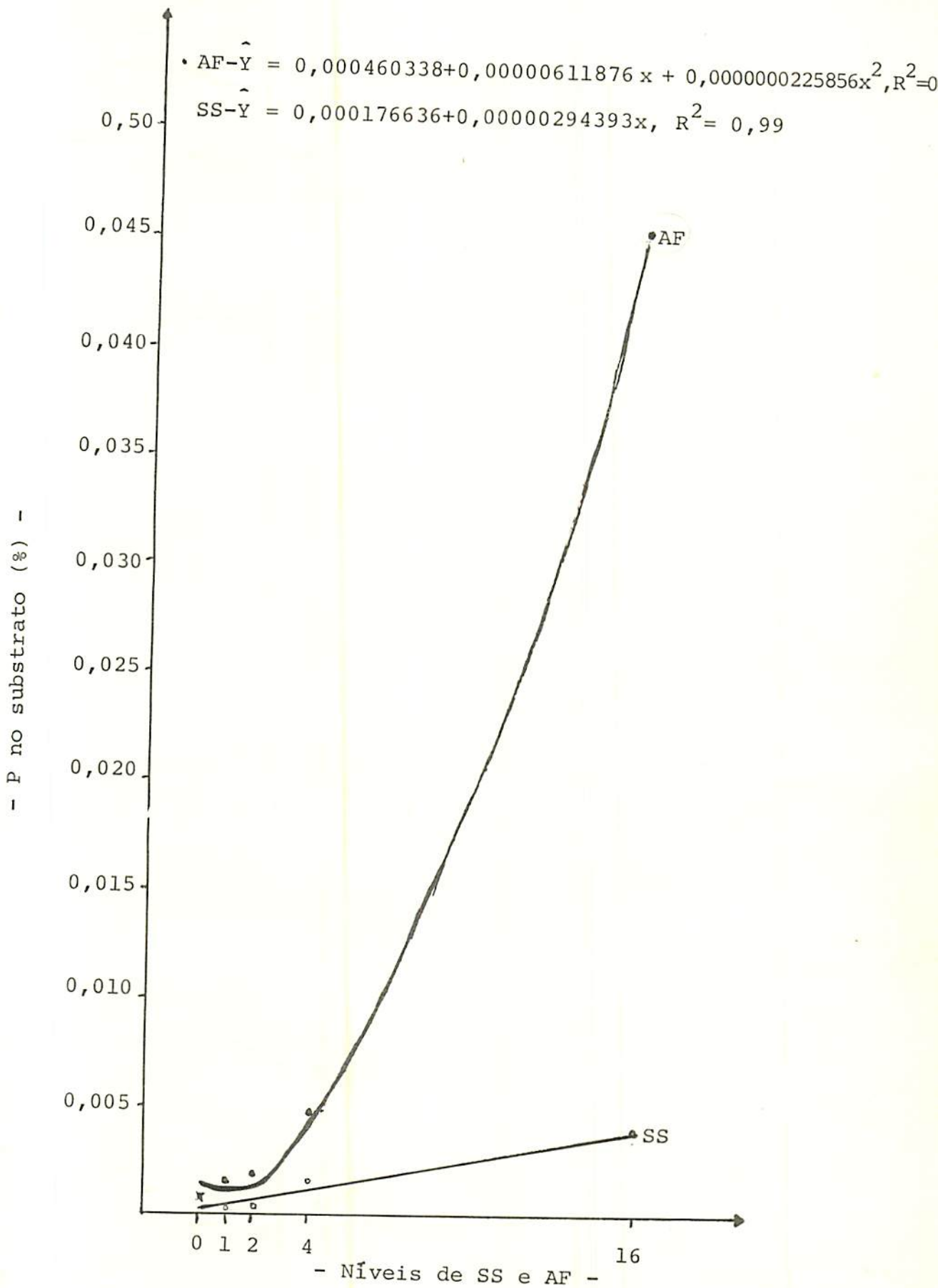


FIGURA 1- Equações de regressão para os teores de P determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cra vo', adubados com diferentes níveis de SS e AF. ESAL, Lavras, MG. 1980.

4.1.2. Potássio

As médias por tratamento dos teores de K, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 6.

O tratamento AF no maior nível, apresentou teor de K maior que a testemunha, enquanto que o SS e o CC em todos os níveis e os três menores níveis de S elementar foram menores, de acordo com o Quadro 6.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes verifica-se, de acordo com o Quadro 6, que nos maiores níveis o AF apresentou teor de K maior que o SS. O S elementar nos três menores níveis apresentou teor de K menor que o SS em níveis equivalentes, ao passo que no maior nível o comportamento foi inverso.

4.1.3. Cálcio mais Magnésio

As médias por tratamento dos teores de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 6.

Dentre todos os tratamentos, apenas os dois maiores níveis de SS e CC apresentaram teores de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ maiores do que a testemunha, Quadro 6.

A análise de regressão, para os teores de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, apresentou efeito linear para o SS e CC. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação, encontram-se represen

tados na Figura 2.

4.1.4. Enxofre

As médias por tratamento dos teores de S, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade conforme se observa no Quadro 6.

Os tratamentos SS e S elementar em todos os níveis, apresentaram teores médios de S maiores do que a testemunha, e o AF e CC, em todos os níveis, menores, conforme se observa no Quadro 6.

Comparando-se os tratamentos SS e S elementar, em níveis equivalentes, verifica-se conforme o Quadro 6, que apenas no maior nível, o S elementar apresentou teor de S maior do que o SS.

4.1.5. Alumínio

As médias por tratamento dos teores de Al^{+++} , apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 6.

Os teores de Al^{+++} foram menores do que a testemunha apenas nos tratamentos SS no maior nível e nos dois maiores de CC. Enquanto que apenas no tratamento S elementar na maior nível o teor de Al foi maior do que a testemunha, conforme se observa no Quadro 6.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equiva

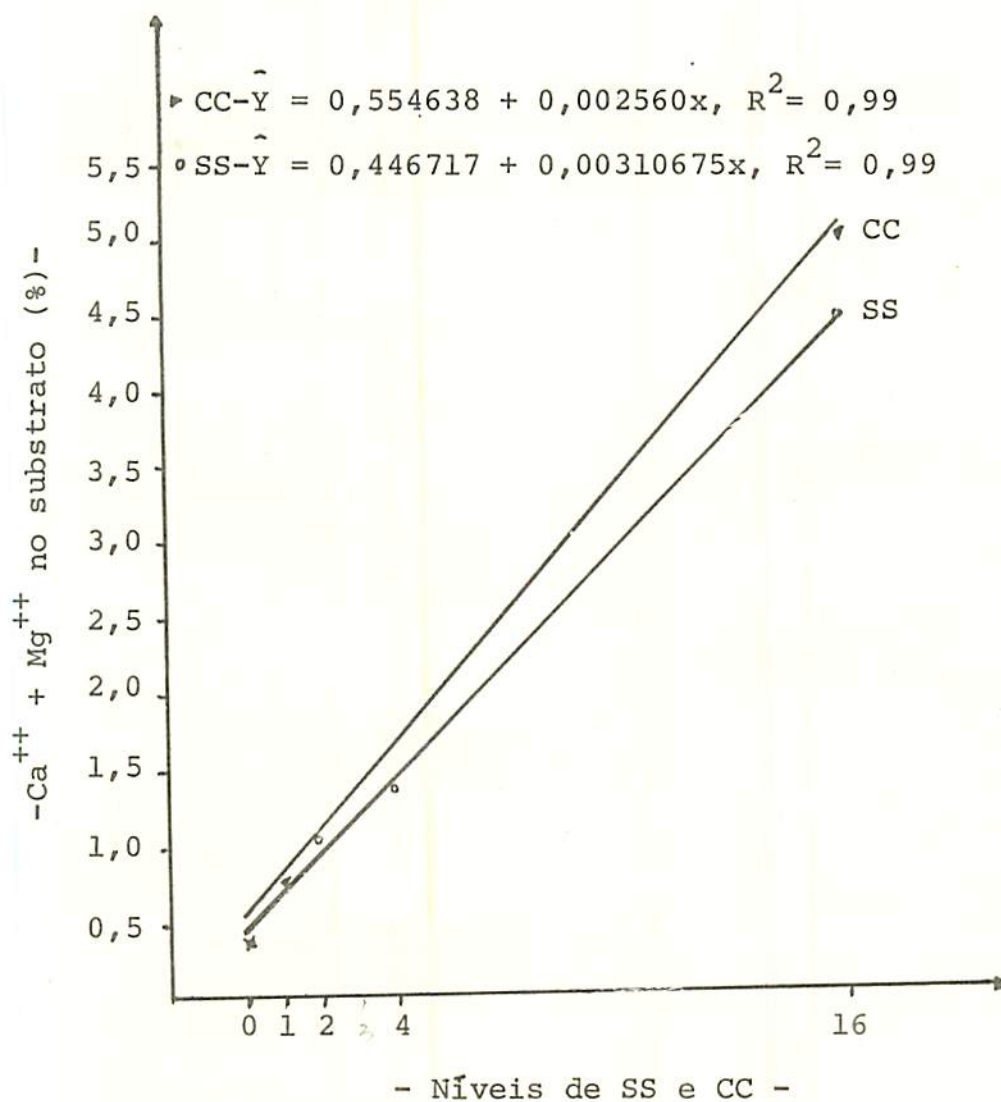


FIGURA 2 - Equações de regressão para os teores de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS e CC ESAL, Lavras, MG. 1980.

lentes, verifica-se de acordo com o Quadro 6, que somente no maior nível o AF apresentou teor de Al^{+++} maior do que o SS. Entre os tratamentos SS e CC, em níveis equivalentes, verifica-se que apenas nos dois maiores níveis de CC os teores de Al^{+++} foram menores que o SS. Entre os tratamentos SS e S elementar em níveis equivalentes, apenas o maior nível de S elementar apresentou teor de Al^{+++} superior ao SS.

A análise de regressão, para os teores de Al^{+++} determinados nas amostras do substrato, apresentou resposta linear para o SS, CC e S elementar. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 3.

4.1.6. pH

As médias por tratamento dos valores de pH, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 6.

Os valores de pH foram maiores do que a testemunha apenas nos tratamentos SS e CC no maior nível e no nível dois de AF, conforme se observa no Quadro 6.

Comparando-se os tratamentos SS e AF, em níveis equivalentes, verifica-se, de acordo com o Quadro 6, que o AF apresentou valores de pH maiores do que o SS nos dois menores níveis, enquanto que no maior nível de SS, o pH foi maior que o AF. Entre os tratamentos SS e CC, em níveis equivalentes, apenas o maior nível de CC, apresentou valor de pH maior que o SS. Entre os tra

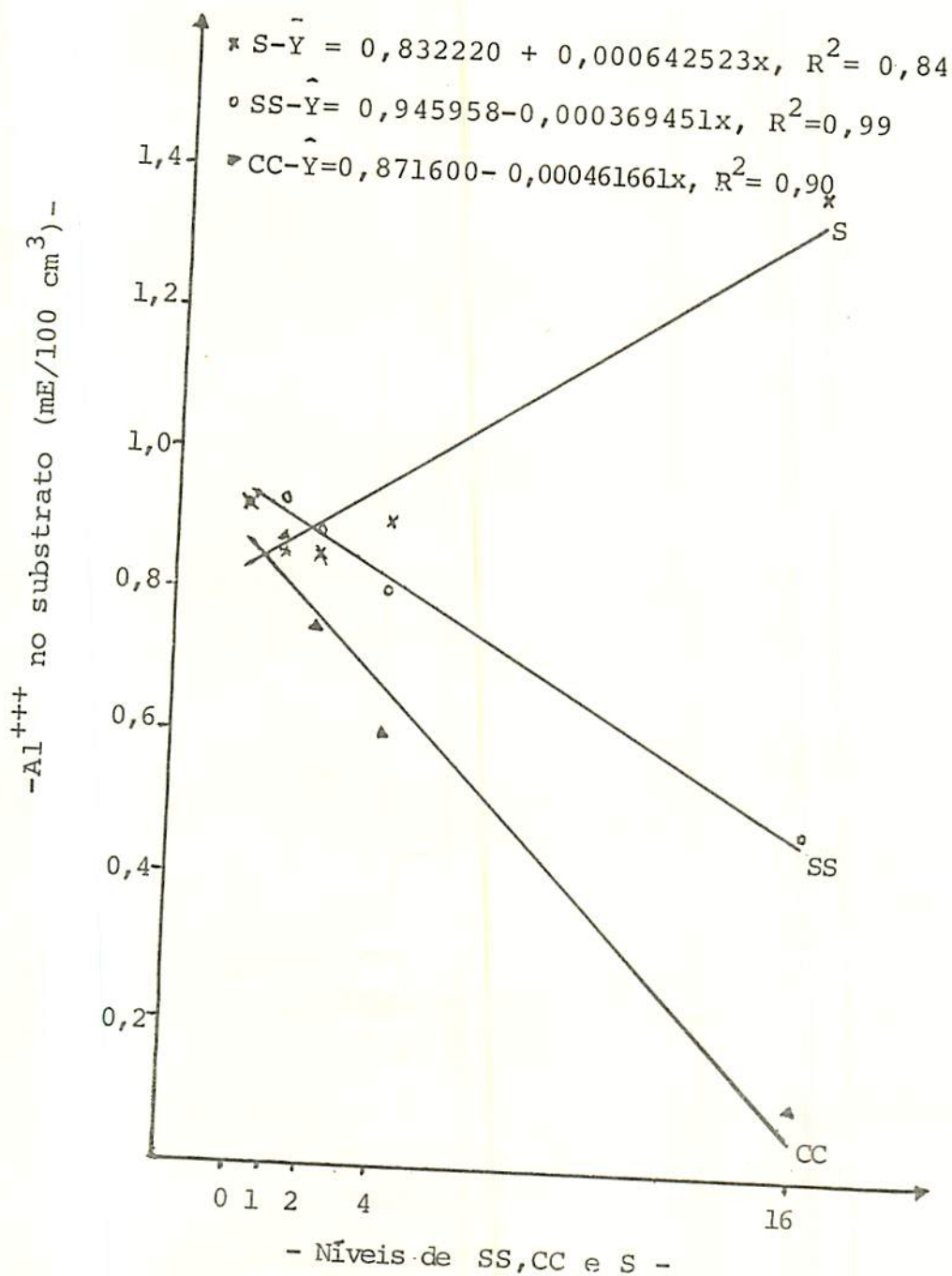


FIGURA 3 - Equações de regressões para os teores de Al⁺⁺⁺ determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

tamentos SS e S elementar em níveis equivalentes, verifica-se à exceção do nível quatro, que o S elementar nos dois menores níveis apresentou valores de pH, maiores do que o SS, enquanto que no nível mais elevado o SS apresentou valores de pH maiores do que o S elementar.

A análise de regressão para os valores de pH, determinados nas amostras do substrato, apresentou efeito linear para o SS, CC e S elementar, enquanto que o AF apresentou efeito quadrático. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação, encontram-se representados na Figura 4.

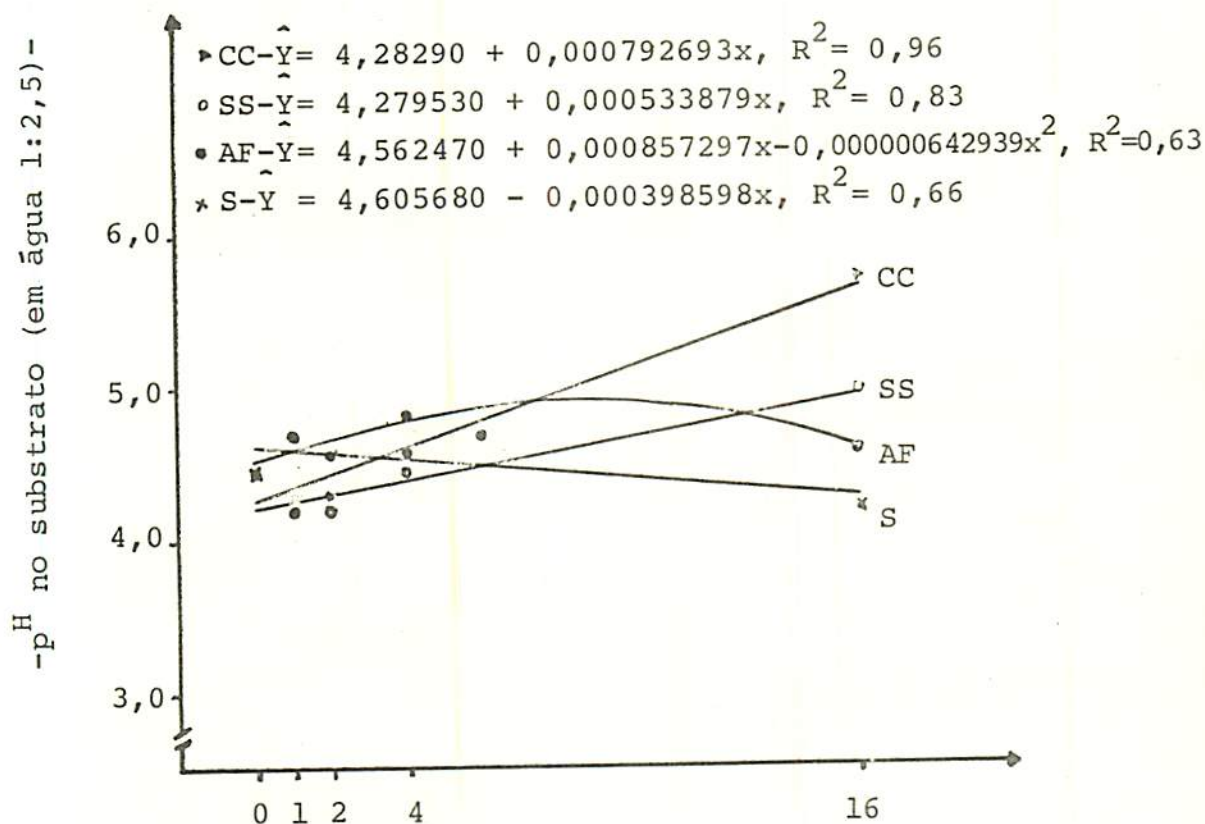
4.2. Nutrientes determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo'.

Nos Quadros 7 e 8 encontram-se os resumos das análises de variância, para os teores dos macro e micronutrientes determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', seis meses pós-semeadura, assim como os seus coeficientes de variação.

4.2.1. Nitrogênio

As médias por tratamento dos teores de N, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, como se observa no Quadro 9.

Os tratamentos SS e CC no maior nível, e o AF nos dois maiores níveis, apresentaram teores de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', menores do que a testemunha, de acordo com o



- Níveis de SS, AF, CC e S -

FIGURA 4 - Equações de regressão para os valores de p^H determinados nas amostras do substrato, coletadas aos seis meses pós-semeadura dos lixídeos 'Cravo', adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavrás, MG 1980.

QUADRO 7 - Resumo da análise de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg e S determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

C. Variações	G.L.	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	5	0,125	0,000320	0,50342**	0,0095234**	0,000654**	0,004111*
Tratamentos	16	1,060	0,002770**	0,067955**	2,015390**	0,000919**	0,009794*
Resíduo	80	0,064	0,000053	0,02776	0,003456	0,000132	0,000324
C.V. %		5,92	13,15	20,00	7,13	11,53	17,67

*, ** Indicam efeitos significativos pelo teste F ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 8 - Resumo da análise de variância para os teores de B, Cu, Mn e Zn determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

C. Variações	G.L.	Quadrados Médios			
		B	Cu	Mn	Zn
Blocos	5	46,22253	4,65921*	1506,224*	7,6226*
Tratamentos	16	128,48910**	5,05001*	10521,047**	144,1670**
Resíduo	80	26,16522	1,34920	509,809	3,7110
C.V. %		15,76	19,64	14,14	8,93

*, ** Indicam efeitos significativos pelo teste F ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

Quadro 9.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes, verifica-se, conforme o Quadro 9, que o SS no nível quatro apresentou maior teor de N, do que o AF. Para os tratamentos SS e S elementar em níveis equivalentes, apenas no maior nível o SS apresentou menor teor de N que o S elementar.

A análise de regressão, para os teores de N, apresentou efeito linear para o SS, AF e CC. Para o S elementar, verificou-se efeito quadrático, com um ponto de máximo na dose de 480g de S/m³ do substrato. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 5.

4.2.2. Fósforo

As médias por tratamento dos teores de P, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, como se observa no Quadro 9.

Apenas os tratamentos SS no maior nível e o AF nos três maiores, apresentaram teores de P nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', maiores do que a testemunha, conforme se observa no Quadro 9.

Comparando-se os tratamentos, SS e AF em níveis equivalentes, verifica-se conforme o Quadro 9, que apenas nos dois maiores níveis o teor de P determinado nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', foi maior para o AF.

A análise de regressão, para os teores de P, apresentou efeito linear para o SS e AF. As equações de regressão e

QUADRO 9 - Médias por tratamento dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S.ESAL. Lavras MG. 1980.

Tratamentos	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	%	%	%	%	%	%
SS ₁	4,76	0,046	0,86	0,79	0,098	0,122
SS ₂	4,45	0,047	0,86	0,94	0,097	0,131
SS ₄	4,49	0,050	0,89	1,04	0,097	0,145
SS ₁₆	3,24	0,060	0,60	1,33	0,113	0,216
AF ₁	4,55	0,055	0,82	0,38	0,098	0,071
AF ₂	4,59	0,062	0,80	0,43	0,100	0,065
AF ₄	3,82	0,077	0,75	0,44	0,109	0,064
AF ₁₆	3,67	0,131	0,72	0,33	0,130	0,071
CC ₁	4,53	0,046	0,87	0,84	0,088	0,068
CC ₂	4,08	0,047	0,88	1,09	0,081	0,072
CC ₄	4,27	0,043	1,02	1,65	0,080	0,089
CC ₁₆	3,73	0,043	1,07	2,50	0,081	0,125
S ₁	4,44	0,046	0,76	0,44	0,094	0,093
S ₂	4,50	0,048	0,81	0,44	0,090	0,096
S ₄	4,32	0,043	0,75	0,40	0,090	0,102
S ₁₆	4,37	0,047	0,72	0,41	0,095	0,131
T	4,73	0,042	0,74	0,38	0,090	0,064
Tukey 5%	0,52	0,015	0,35	0,12	0,023	0,037

* Médias provenientes de 6 repetições.

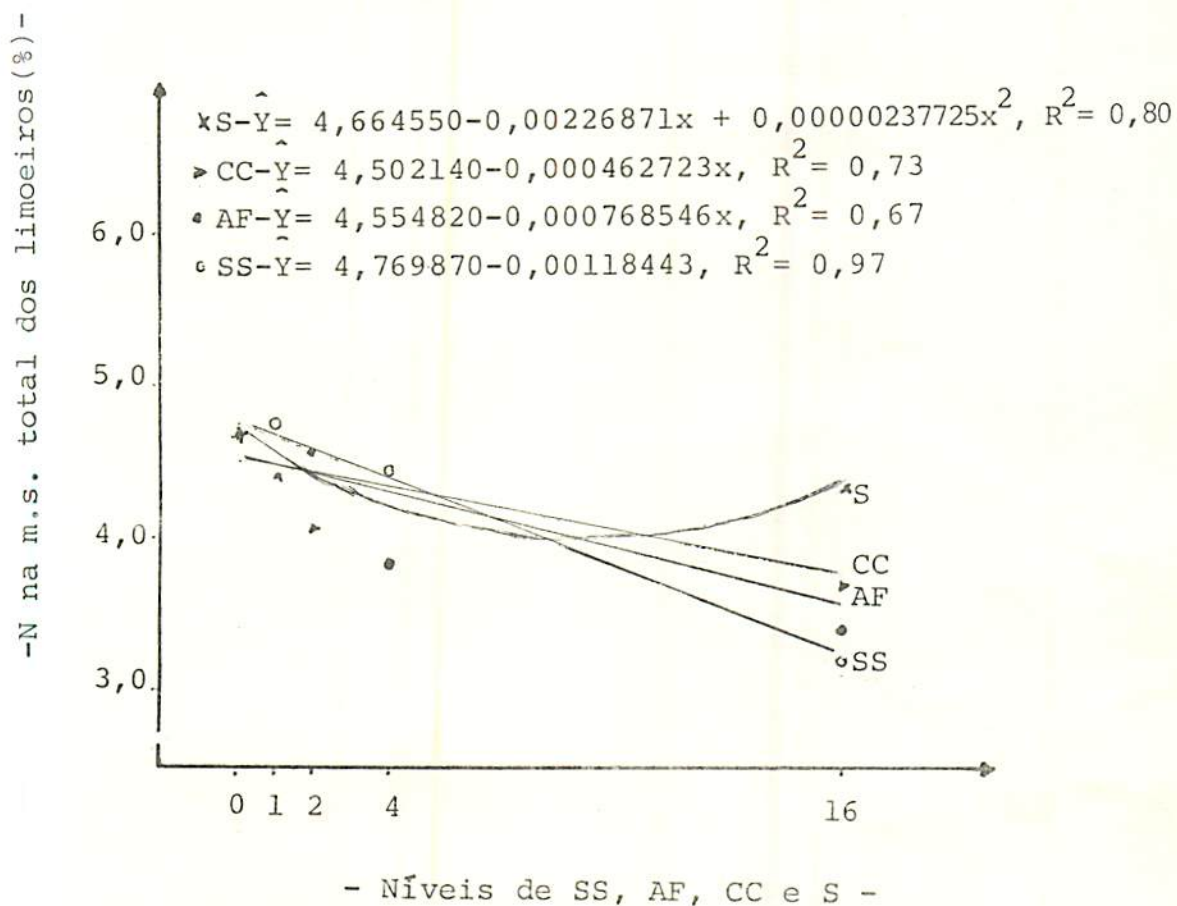


FIGURA 5 - Equações de regressão para os teores de N determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletados aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras MG. 1980.

seus coeficientes de determinação, encontram-se representados na Figura 6.

4.2.3. Potássio

As médias por tratamento dos teores de K, não apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, como se observa no Quadro 9.

Entretanto, observa-se uma tendência de aumento nos teores de K, quando se aumentou os níveis de CC, observando-se comportamento inverso com os níveis de AF.

4.2.4. Cálcio

As médias por tratamento dos teores de Ca, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, como se observa no Quadro 9.

Os teores de Ca, foram maiores do que a testemunha nos tratamentos com SS e CC, em todos os níveis, conforme indicados no Quadro 9.

Comparando-se os tratamentos SS e CC, em níveis equivalentes, verifica-se, de acordo com o Quadro 9, que nos três maiores níveis o CC apresentou maiores teores do que o SS.

A análise de regressão, para os teores de Ca, apresentou efeito linear para SS e CC. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação, encontram-se representados na F.7.

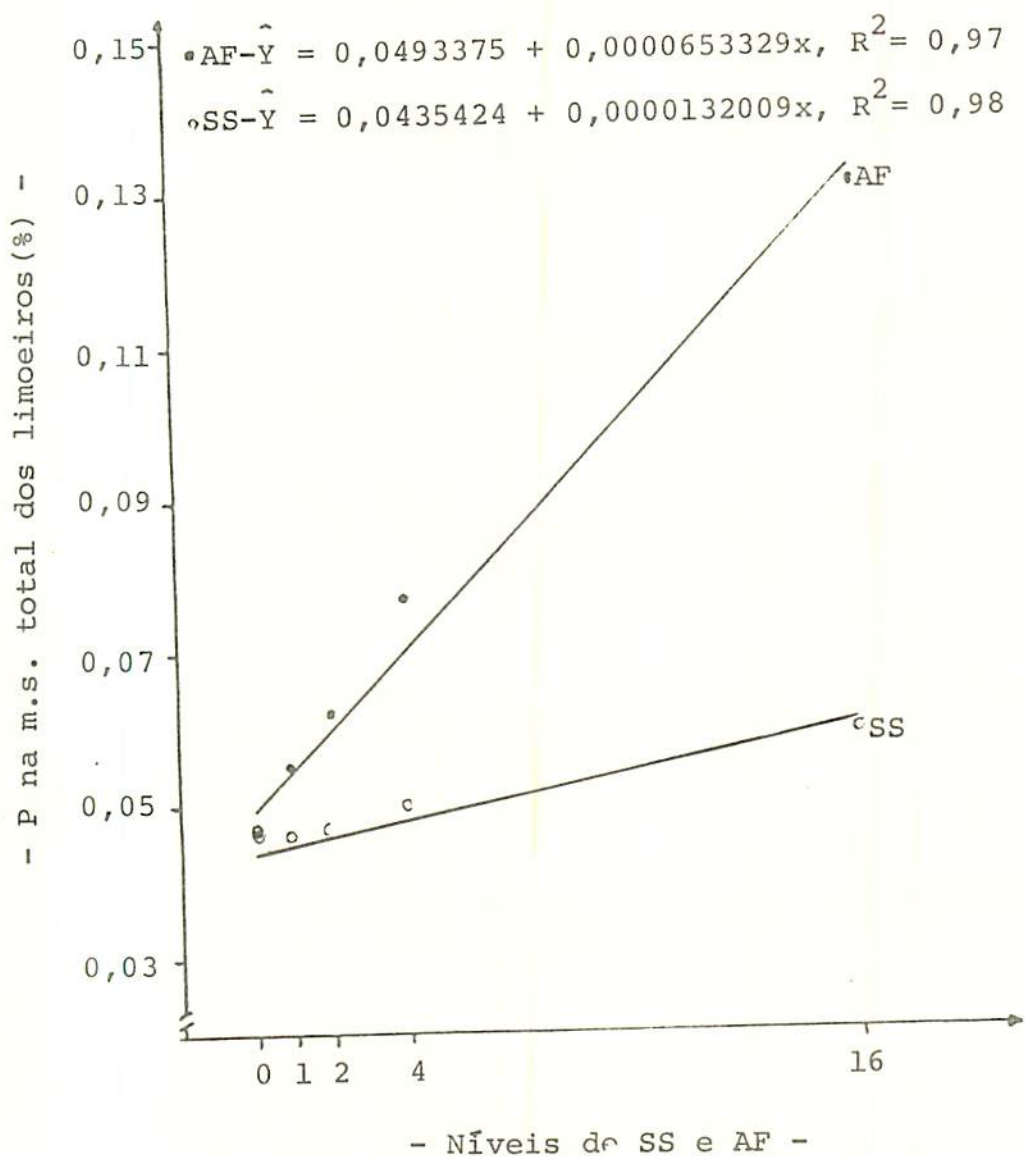
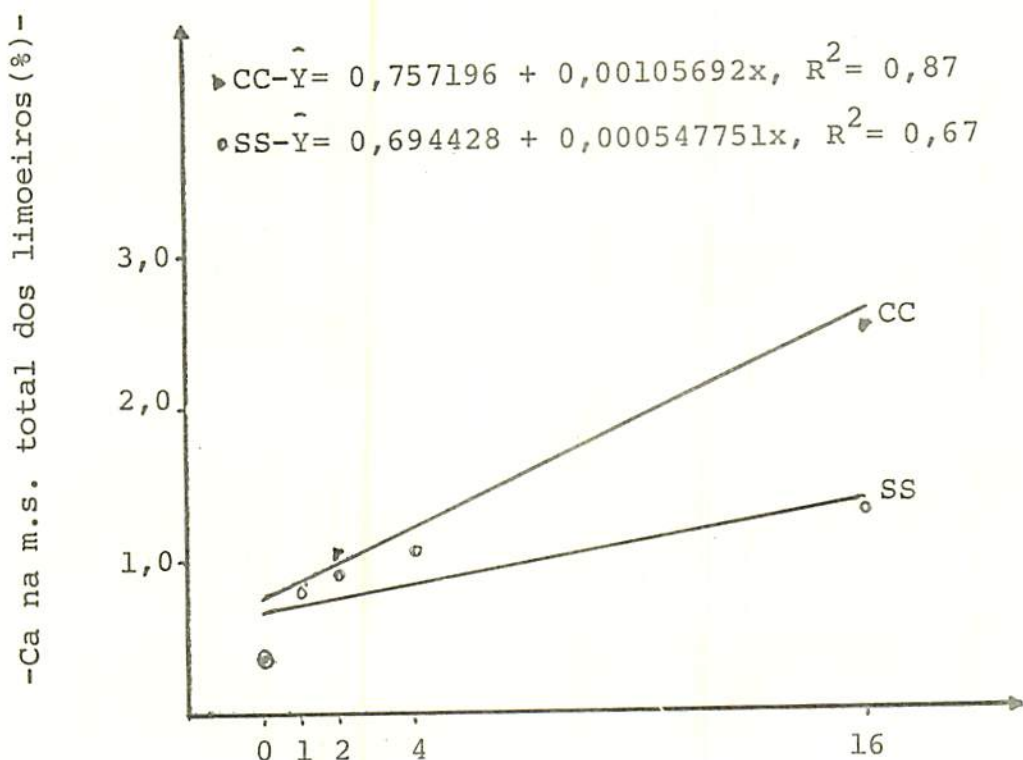


FIGURA 6 - Equações de regressão para os teores de P determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e AF. ESAL, Lavras, MG. 1980.

4.2.5 Magnésio

Apenas o tratamento AF no maior nível apresentou teor nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', maior do que a testemunha. Os demais tratamentos foram inferiores ao AF no maior nível e iguais entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme o Quadro 9.



- Níveis de SS e CC -

FIGURA 7 - Equações de regressão para os teores de Ca determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e CC. ESAL, Lavras, MG. 1980.

4.2.6. Enxofre

As médias por tratamento dos teores S, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 9.

Todos os tratamentos com SS, apresentaram teores de S maiores do que a testemunha. Apenas os dois maiores níveis de S elementar foram maiores do que a testemunha, de acordo com o Quadro 9.

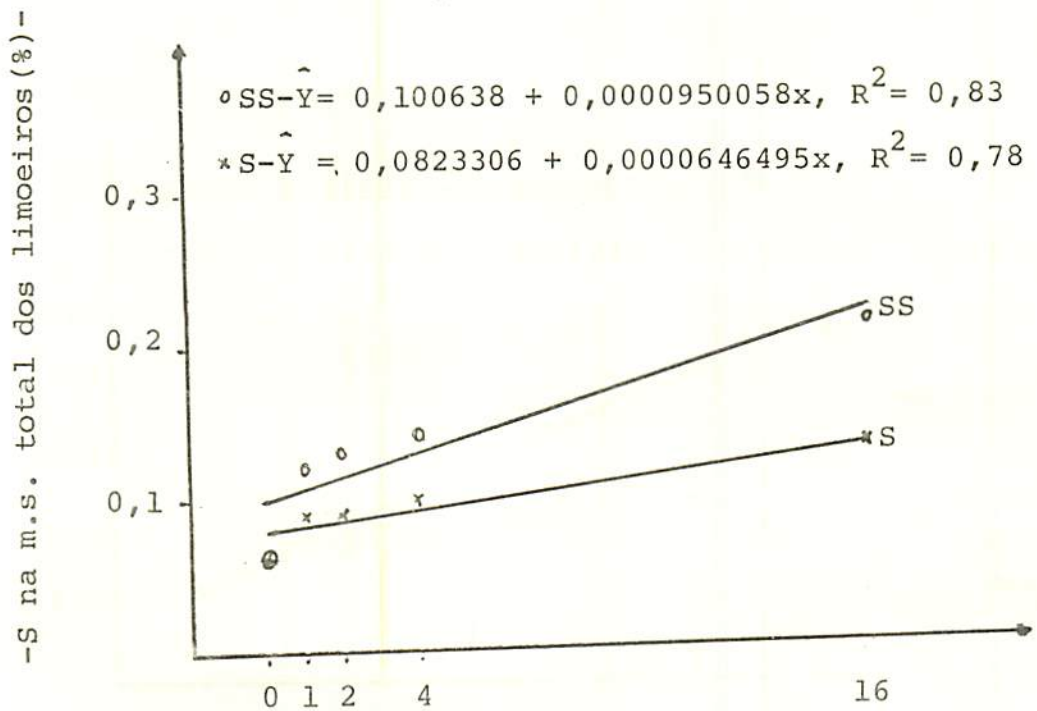
Comparando-se os tratamentos SS e S elementar, em níveis equivalentes, verifica-se, conforme o Quadro 9, que apenas nos dois maiores níveis os teores de S foram maiores quando se aplicou o SS.

A análise de regressão, para os teores de S, apresentou efeito linear para o SS e S elementar. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 8.

4.2.7. Boro

As médias por tratamento dos teores de B, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme indicadas no Quadro 10.

Os tratamentos SS e AF no maior nível apresentaram menores teores de B quando comparados a testemunha, conforme se observa no Quadro 10.



- Níveis de SS e S -

FIGURA 8 - Equações de regressão para os teores de S determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

QUADRO 10 - Médias por tratamentos dos teores de B, Cu, Mn e Zn , determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura, adu bados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL , Lavras, MG. 1980*.

Tratamentos	Micronutrientes			
	B	Cu	Mn	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm
SS ₁	37,10	6,66	163,75	30,75
SS ₂	30,96	6,60	168,75	21,92
SS ₄	29,16	6,00	121,41	17,38
SS ₁₆	22,41	5,80	98,16	16,90
AF ₁	33,98	5,33	218,33	23,08
AF ₂	34,40	4,40	161,66	21,41
AF ₄	29,95	4,50	180,83	17,98
AF ₁₆	23,05	4,66	198,33	17,90
CC ₁	34,28	6,66	173,33	24,16
CC ₂	35,36	6,66	145,00	22,00
CC ₄	38,68	6,33	96,66	21,66
CC ₁₆	31,58	5,16	68,58	20,04
S ₁	36,11	6,80	170,33	21,60
S ₂	34,83	6,66	160,00	22,00
S ₁₆	28,78	6,00	217,00	21,13
T	36,78	6,50	196,25	22,77
Tukey 5%	10,50	2,40	46,73	4,00

* Médias provenientes de 6 repetições.

A análise de regressão, para os teores de B apresentou efeito linear para SS, AF e S elementar. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação, encontram-se representados na Figura 9.

4.2.8. Cobre

As médias por tratamento, dos teores Cu, não apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 10.

Entretanto, observa-se que houve uma tendência em diminuir os teores de Cu na m.s. total dos limoeiros à medida que se aumentaram os níveis de CC.

A análise de regressão para os teores Cu, apresentou efeito linear para o CC. A equação de regressão e seu coeficiente de determinação encontram-se representados na Figura 10.

4.2.9. Mangânes

As médias por tratamento dos teores Mn, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 10.

Os tratamentos SS nos dois maiores níveis e CC nos três maiores apresentaram menores teores de Mn do que a testemunha, conforme se observa no Quadro 10.

Comparando-se os tratamentos SSe AF em níveis equivalentes

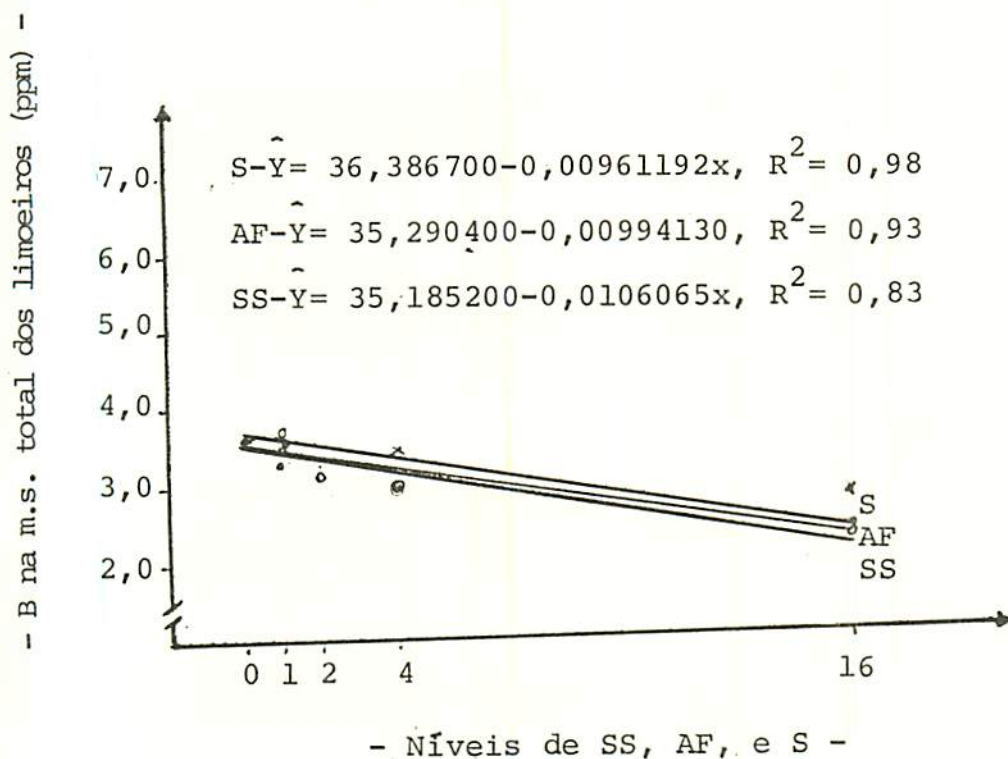


FIGURA 9 - Equações de regressão para os teores de B determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

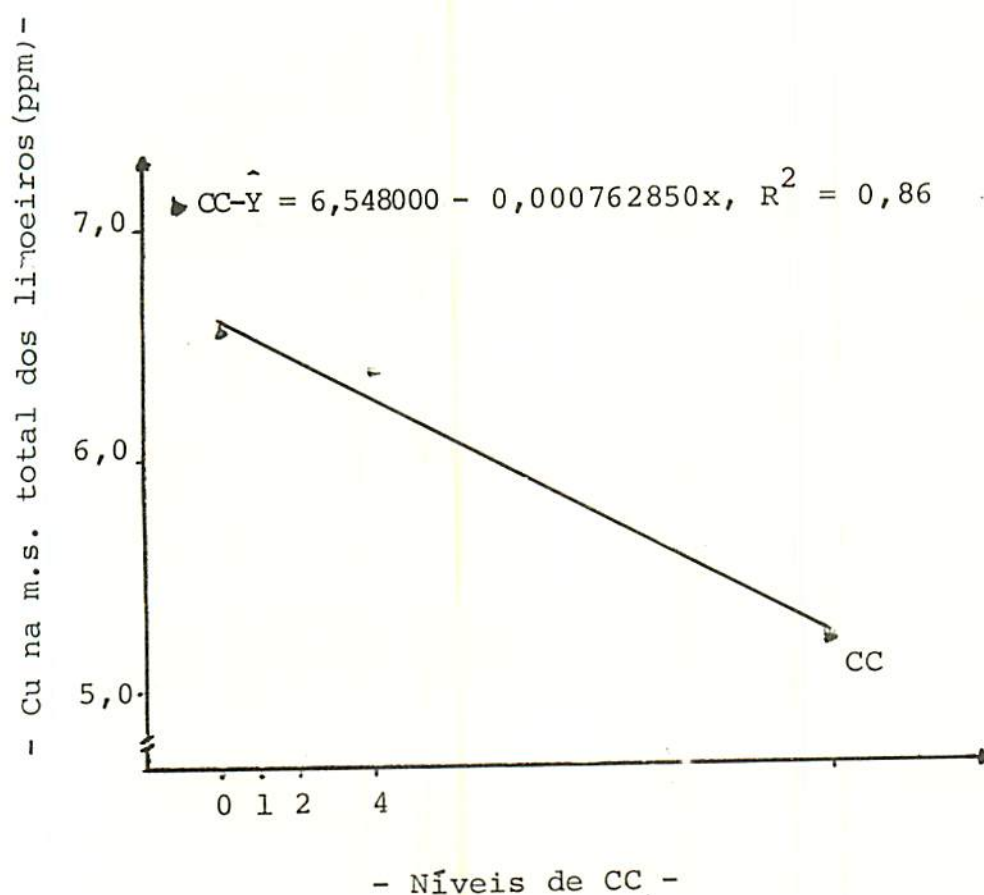


FIGURA 10 - Equação de regressão para os teores de Cu determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletados aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de CC. ESAL, Lavras, MG. 1980.

tes, verifica-se conforme o Quadro 10, que a exceção do nível dois, o AF apresentou maiores teores de Mn do que o SS. Para níveis equivalentes de SS e S elementar, maiores teores foram determinados nos dois maiores níveis de S elementar.

A análise de regressão, para os teores de Mn, apresentou efeito linear para o CC. A equação de regressão e seu coeficiente de determinação, encontram-se representados na Figura 11.

4.2.10. Zinco

As médias por tratamento dos teores de Zn, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, consoante se observa no Quadro 10.

Apenas o tratamento SS no menor nível apresentou teor de Zn nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', maior que a testemunha, ao passo que os dois maiores níveis de SS a AF foram menores, de acordo com o Quadro 10.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes, verifica-se conforme o Quadro 10, que apenas no menor nível o SS apresentou teor de Zn maior que o AF. Entre os tratamentos SS e CC em níveis equivalentes, verificou-se comportamento semelhante; assim como entre os tratamentos SS e S elementar.

4.3. Crescimento dos limoeiros 'Cravo'

Encontra-se, no Quadro 11, o resumo da análise de variância, para as características de crescimento dos limoeiros 'Cravo', medidas aos três e seis meses pós-semeadura, adubados

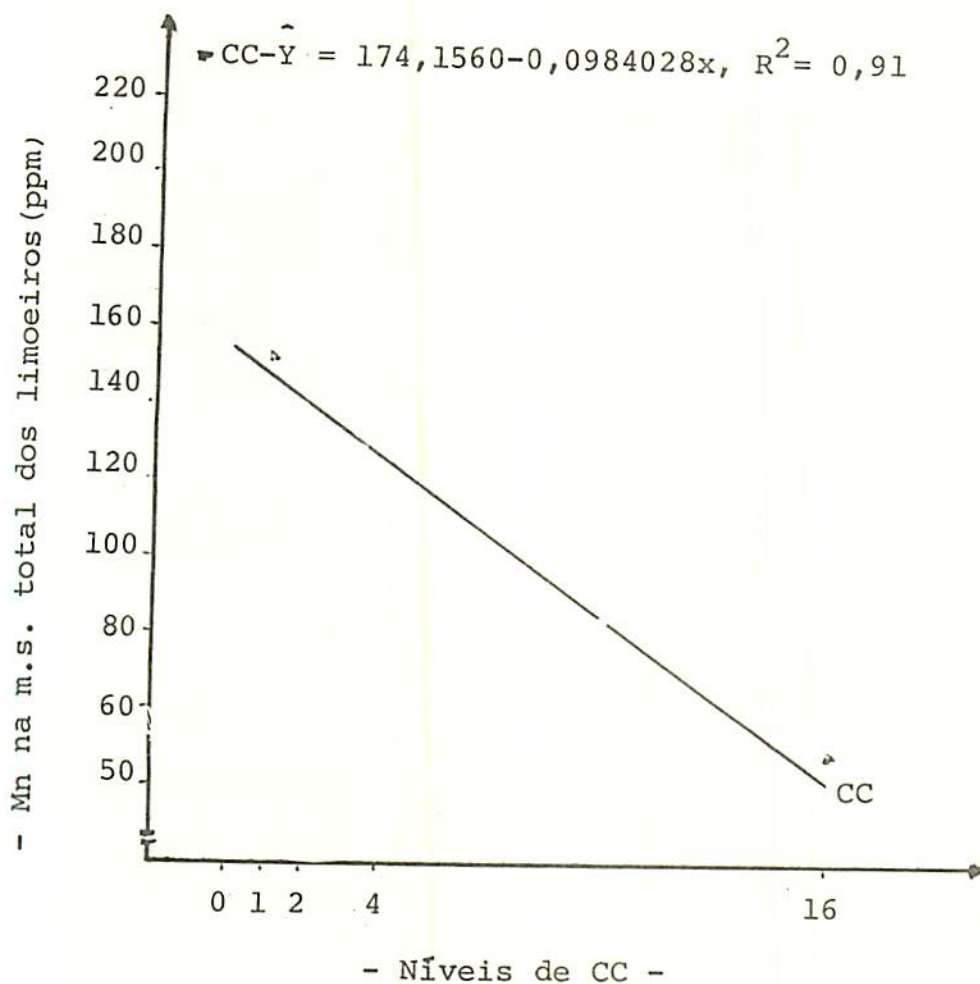


FIGURA 11 - Equação de regressão para os teores de Mn determinados nas amostras da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de CC. ESAL, Lavras, MG. 1980.

QUADRO 11 - Resumo da análise de variância para as características de crescimento dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos três e seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980*.

C.Variações	G.L.	Quadrados Médios					
		Alt. 3 meses	Alt. 6 meses	Comp. raízes	Peso m.s. área	Peso m.s. raízes	Peso m.s. total.
Blocos	5	0,234	0,120	24,700	0,006	0,007*	0,017
Tratamentos	16	16,413**	64,472**	180,131**	0,482**	0,354**	1,674**
Resíduo	80	0,459	1,400	15,800	0,007	0,003	0,018
C. V. %		12,82	17,53	14,00	34,42	22,64	25,86

* , ** Indicam efeitos significativos pelo teste F ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente

com diferentes níveis de SS, AF, e S elementar, assim como os seus coeficientes de variação.

4.3.1. Altura dos limoeiros 'Cravo' aos três meses pós-semeadura.

As médias por tratamento das alturas dos limoeiros 'Cravo', aos três meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 12.

Apenas os tratamentos, SS nos dois maiores níveis e o CC no maior apresentaram maiores alturas comparados à testemunha, de acordo com o Quadro 12.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes verifica-se conforme o Quadro 12, que o maior nível de SS, apresentou maior altura dos limoeiros 'Cravo', o mesmo tendo sido observado para níveis equivalentes de SS e CC. Para níveis equivalentes de SS e S elementar, os dois maiores níveis de SS foram maiores do que o S elementar.

A análise de regressão, para as alturas dos limoeiros 'Cravo', aos três meses pós-semeadura, apresentou efeito linear para SS e quadrático para CC. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 12.

4.3.2. Altura dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura.

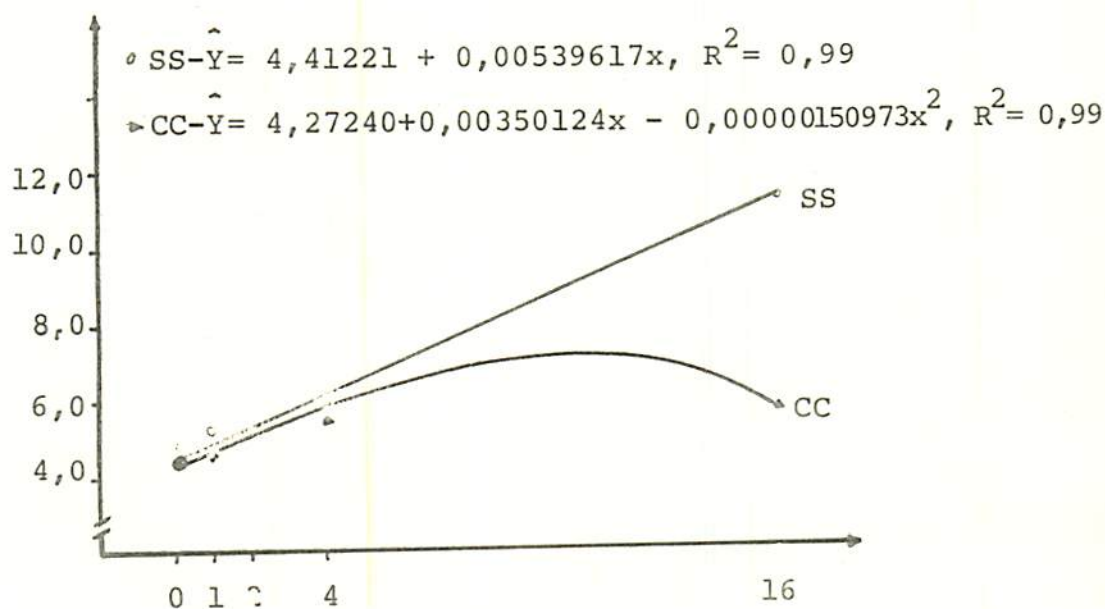
As médias por tratamento das alturas dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey,

QUADRO 12 - Médias por tratamento das características de crescimento dos limoeiros 'Cravo' coletadas aos três e seis meses pós-semeadura, adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC, e S. ESAL. Lavras, MG. 1980*.

Tratamentos	Características Avaliadas					
	Alt. 3 meses cm	Alt. 6 meses cm	Compr. raízes cm	Peso m.s. área cm	Peso m.s. raiz cm	Peso m.s. Total cm
SS ₁	5,20	6,23	29,77	0,16	0,15	0,31
SS ₂	5,19	6,33	31,33	0,22	0,21	0,43
SS ₄	6,05	7,90	33,19	0,33	0,31	0,64
SS ₁₆	11,33	18,60	46,90	1,31	1,16	2,47
AF ₁	4,23	4,75	23,00	0,14	0,17	0,31
AF ₂	5,00	5,85	21,74	0,18	0,18	0,36
AF ₄	5,32	7,00	21,25	0,31	0,27	0,58
AF ₁₆	4,44	9,14	19,20	0,55	0,34	0,89
CC ₁	4,67	5,33	31,10	0,15	0,17	0,32
CC ₂	5,04	5,76	33,00	0,16	0,18	0,34
CC ₄	5,47	6,51	37,27	0,18	0,15	0,33
CC ₁₆	5,76	6,60	41,66	0,20	0,18	0,38
S ₁	4,48	5,36	28,14	0,14	0,14	0,28
S ₂	4,37	4,90	29,55	0,14	0,15	0,29
S ₄	4,50	5,07	28,20	0,14	0,15	0,29
S ₁₆	4,40	4,60	26,20	0,12	0,16	0,28
T	4,22	4,60	23,66	0,12	0,15	0,27
Tukey 5%	1,41	2,45	8,23	0,18	0,11	0,28

*Médias provenientes de 6 repetições.

- Altura dos linhões aos três meses (cm) -



- Níveis de SS e CC -

FIGURA 12 - Equações de regressão para altura dos linhões 'Cravo', coletada aos três meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS e CC. ESAL, Lavras, MG. 1980.

ao nível de 5% de probabilidade conforme se observa no Quadro 12.

Os tratamentos SS nos dois maiores níveis e o AF na maior apresentaram alturas dos limoeiros 'Cravo', maiores do que a testemunha, de acordo com o Quadro 12.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes, verifica-se conforme o Quadro 12, que apenas o maior nível de SS, apresentou maior altura que o AF, o mesmo se observa para níveis equivalentes de SS e CC. Para níveis equivalentes de SS e S elementar, observa-se que nos dois maiores níveis o SS apresentou maior altura do que o S elementar.

A análise de regressão, para as alturas dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, apresentou efeito linear para o SS e AF, e quadrático para o CC. As equações de regressão e seus coeficientes de determinação, encontram-se na Figura 13.

4.3.3. Comprimento das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura.

As médias por tratamento do comprimento das raízes dos limoeiros 'Cravo', aos seis meses, pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 12.

Apenas os tratamentos SS nos dois maiores níveis e o CC nos três maiores, apresentaram comprimento das raízes maiores que a testemunha, de acordo com o Quadro 12.

Comparando-se os tratamentos SS e AF em níveis equivalentes, verifica-se que nos três maiores níveis, o SS apresentou

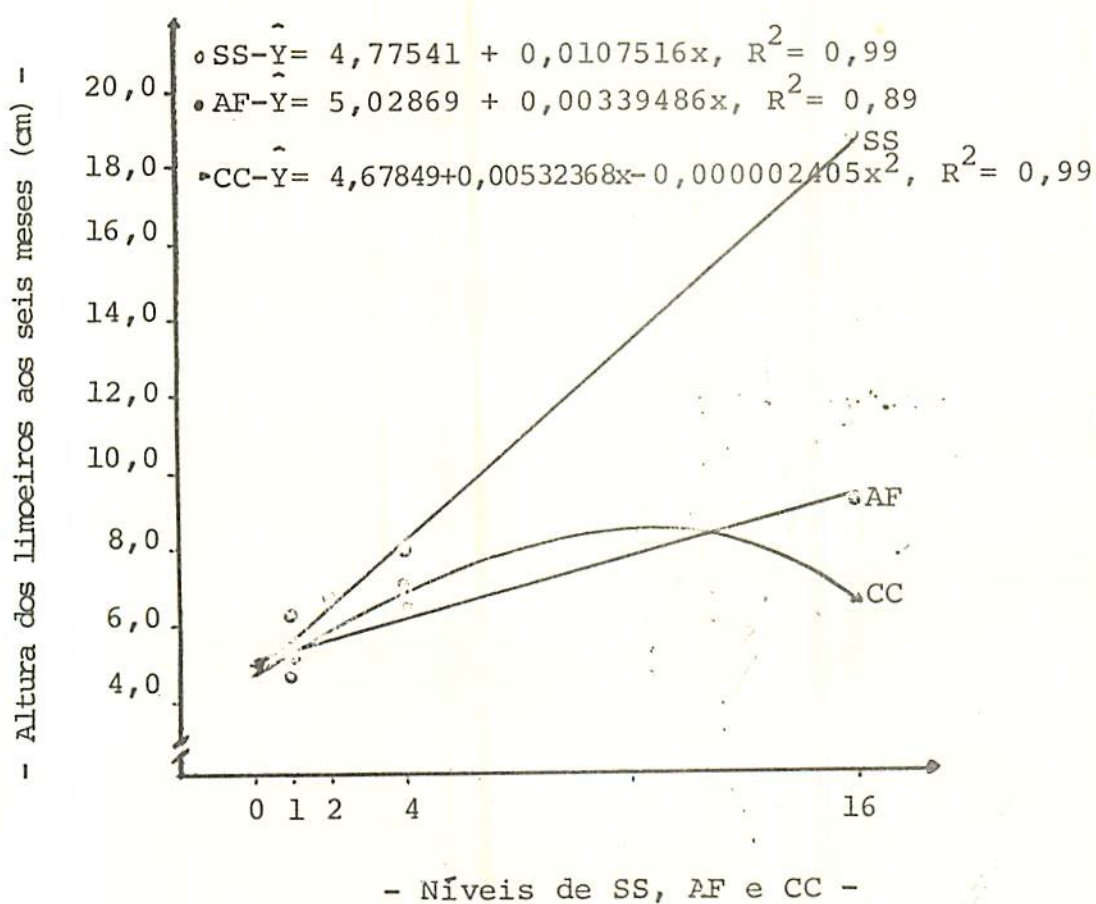


FIGURA 13 - Equações de regressão para altura dos limoeiros 'Cravo', coletada aos seis meses pós-
 semeadura adubados, com diferentes níveis de SS, AF, e CC. ESAL, Lavras, MG. 1980.

comprimento das raízes maior que o AF. Entretanto, para os tratamentos SS e S elementar em níveis equivalentes, apenas o maior nível de SS apresentou comprimento das raízes maior do que o S elementar, conforme o Quadro 12.

4.3.4. Peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura.

As médias por tratamento do peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', aos seis meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 12.

Apenas os tratamentos SS e AF nos dois maiores níveis apresentaram peso da m.s. da parte aérea maior que a testemunha, conforme se observa no Quadro 12.

Comparando-se os tratamentos SS e AF, em níveis equivalentes, verifica-se que no maior nível o SS apresentou peso da m.s. da parte aérea maior que o AF, ao passo que para níveis equivalentes de SS e CC, verifica-se que apenas o maior nível de SS foi maior que o CC. E para níveis equivalentes de SS e S elementar, o SS, nos dois maiores níveis foi maior do que o S elementar, conforme se observa no Quadro 12.

A análise de regressão para o peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', apresentou efeito linear para o SS e AF e quadrático para o CC e S elementar. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 14.

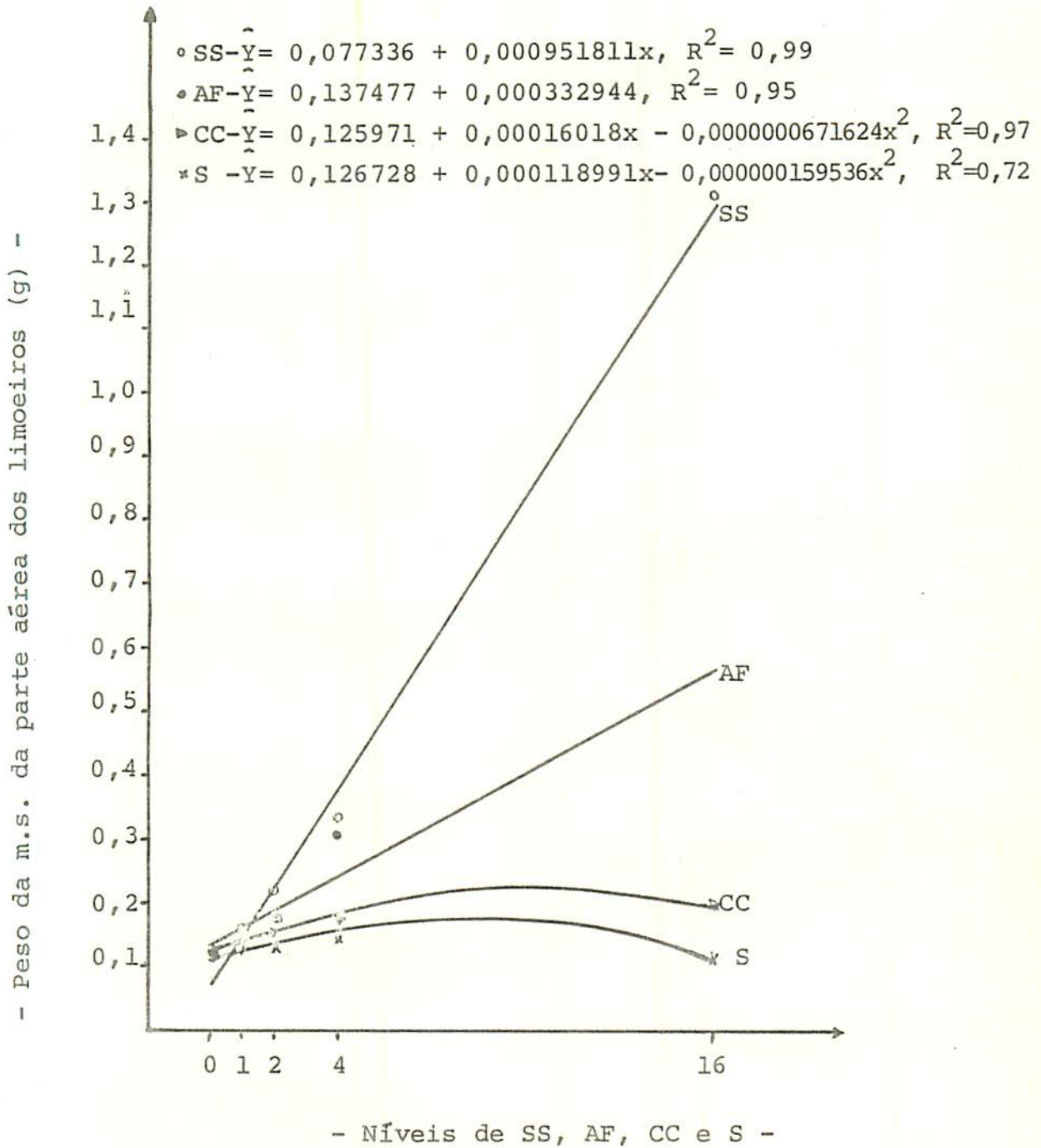


FIGURA 14 - Equações de regressão para o peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo', coletada aos seis meses pós-semeadura adubada com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

4.3.5. Peso de m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura.

As médias por tratamento do peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo', aos seis meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 12.

Os pesos da m.s. das raízes foram maiores do que a testemunha, apenas nos dois maiores níveis de SS e AF, de acordo com o Quadro 12.

A análise de regressão, para o peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo', apresentou efeito linear para o SS, AF e S elementar. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 15.

4.3.6. Peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura.

As médias por tratamento do peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', aos seis meses pós-semeadura, apresentaram diferenças significativas ao serem comparadas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme se observa no Quadro 12.

Apenas para os tratamentos SS e AF nos dois maiores níveis os pesos da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' foram maiores que a testemunha, de acordo com o Quadro 12.

Comparando-se os tratamentos SS e AF, em níveis equi-

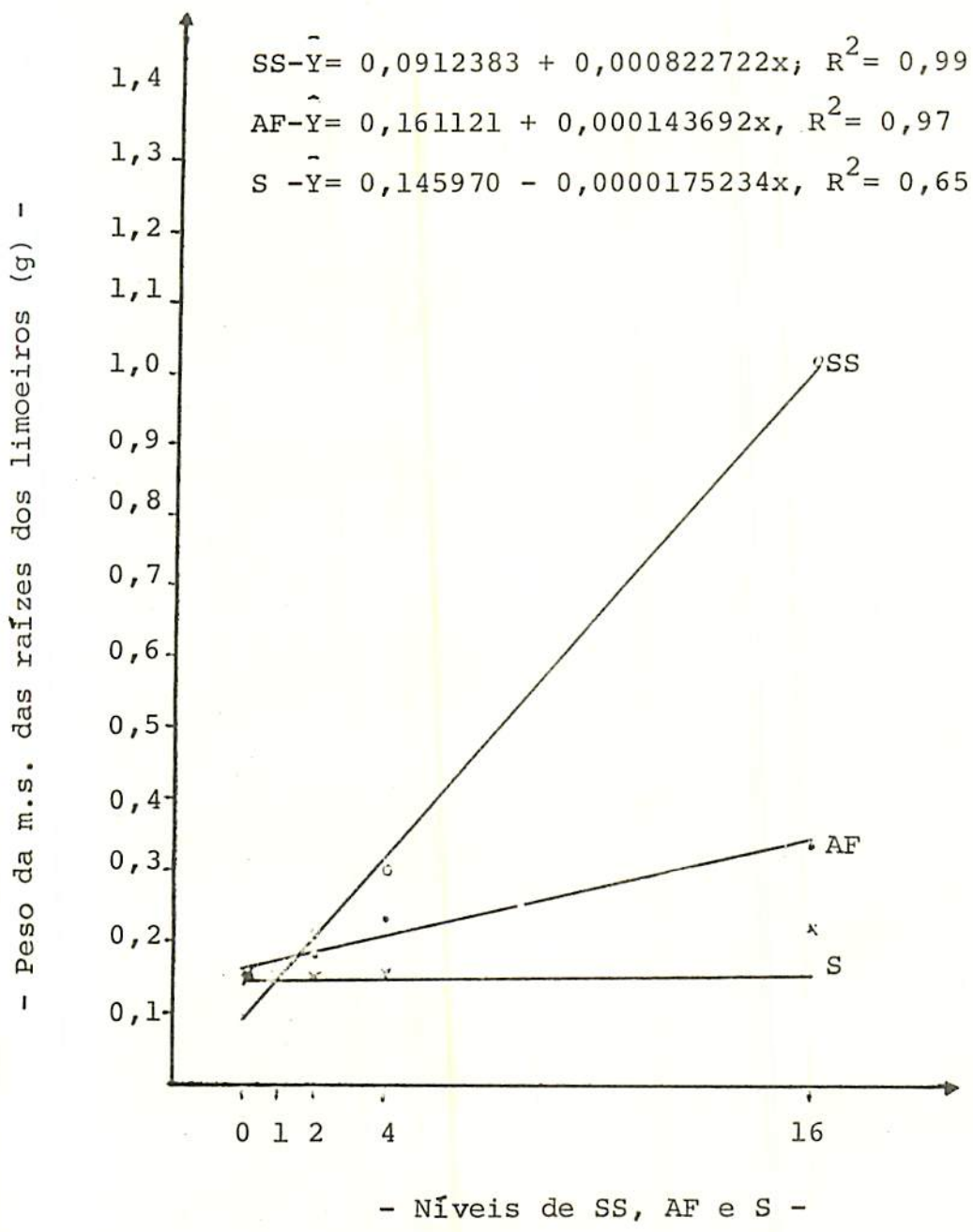


FIGURA 15 - Equações de regressão para o peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo', coletadas aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF e S, ESAL, Lavras, MG. 1980.

valentes, verifica-se conforme o Quadro 12, que somente no maior nível de SS o peso da m.s. total foi maior que o AF. Para os tratamentos SS e CC em níveis equivalentes verifica-se que nos dois maiores níveis o SS apresentou pesos da m.s. total maiores que o CC. O mesmo verifica-se para os tratamentos com níveis equivalentes de SS e S elementar.

A análise de regressão para o peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' apresentou efeito linear para o SS e AF e quadrático para o CC e S elementar, que alcançaram pontos máximos nos teores de 1310g e 430g de CaO e S/m³ do substrato, respectivamente. As equações de regressão com seus coeficientes de determinação encontram-se representados na Figura 16.

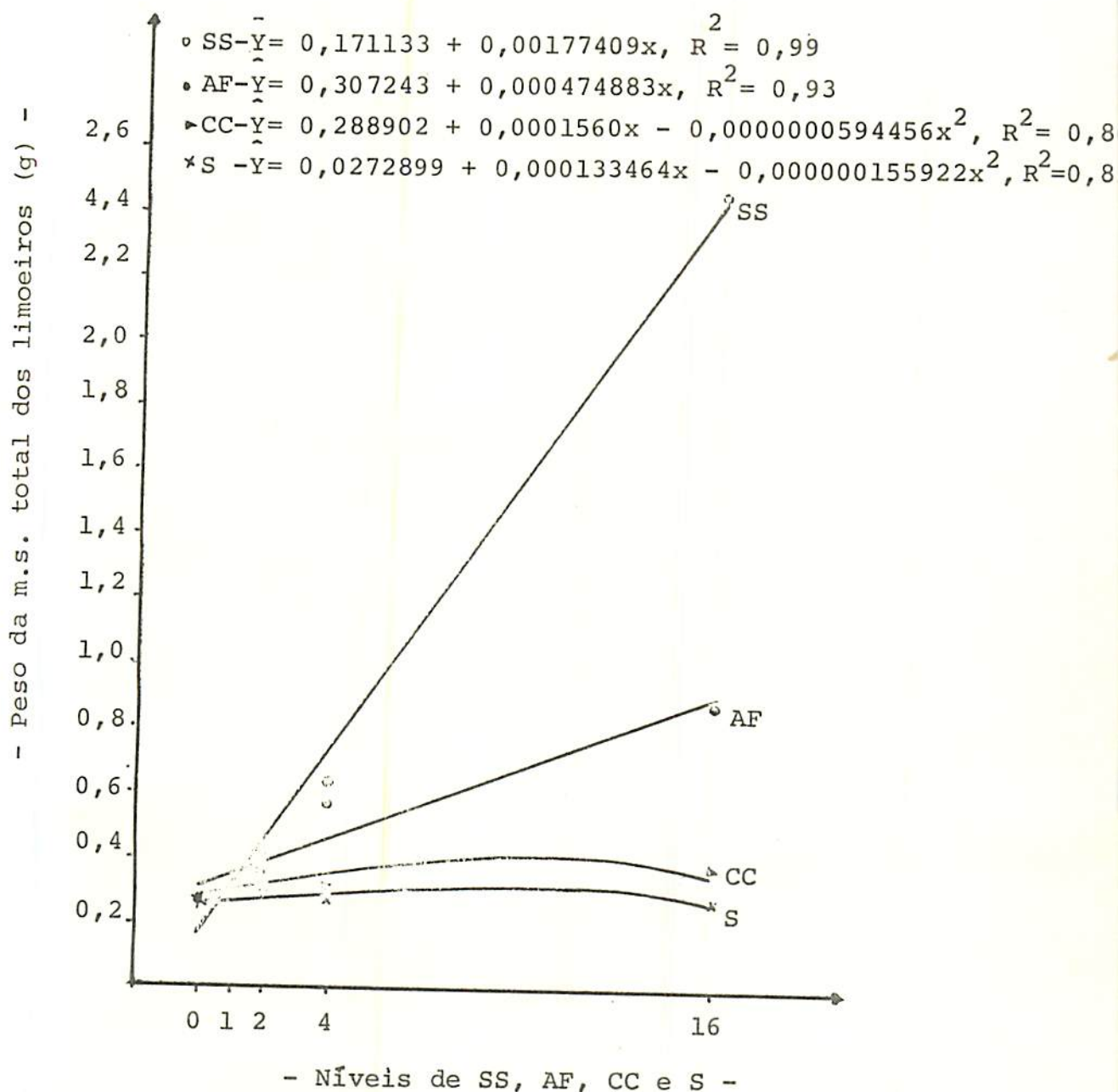


FIGURA 16 - Equações de regressão para o peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo', coletado aos seis meses pós-semeadura adubados com diferentes níveis de SS, AF, CC e S. ESAL, Lavras, MG. 1980.

5. DISCUSSÃO

Deve-se considerar inicialmente que, ao se tentar comparar os resultados obtidos no presente trabalho, com aqueles obtidos nas várias partes do mundo, como também no Brasil, ocorrem dificuldades. Diante deste fato, certos fatores devem ser considerados ao se fazer estas comparações, como; espécie de planta, fase do desenvolvimento, idade, tipo de solo, condições climáticas e a fonte do nutriente.

Considerando-se as influências dos fatores mencionados, e apresentados na revisão de literatura foram realizadas comparações procurando-se explicar os resultados obtidos.

Teores mais elevados de P e Ca, em amostras do substrato, adubado com superfosfato simples, foram obtidos por Jones & Parker e Rodrigues & Moreira citados por SOUZA (68), GALLO et alii (23) e SOUZA (68). HIROCE (27) e MASCARENHAS (42), dizem que aplicações de superfosfato simples, aumentam o teor de S no solo. Neste trabalho, verificou-se, que o superfosfato simples no maior nível, aumentou os teores de P, Ca e S em relação à testemunha em: 1850%, 980% e 250% respectivamente, concordando des

ta maneira, com os autores mencionados. Este fato pode ser explicado devido aos teores expressivos destes nutrientes no superfosfato simples, segundo citam MALAVOLTA et alii (41).

O nutriente aplicado ao solo, numa forma mais simples, poderá ficar mais disponível, comparado à uma forma mais complexa, que possivelmente, exigiria uma série de transformações no solo, até atingir uma forma mais disponível para as plantas, ou detectável para o método de extração utilizado em sua determinação. Assim é que, os teores de P, Ca e S determinados nas amostras do substrato, quando se aplicou o AF o CC e o S elementar no maior nível, foi 1060%, 13% e 18% maiores que o nível equivalente, na forma de SS.

As aplicações de calcário, para elevar o pH do solo, segundo (70 31 12 41 e 42), aumentam a disponibilidade de P. Neste trabalho, não se verificou aumento do P com aplicações do CC. Tal fato pode ser explicado, devido à natureza do material do solo formador do substrato, que apresentou nível baixo deste nutriente.

O calcário, segundo MASCARENHAS (42), é usado para corrigir deficiências de Ca no solo, e, também para elevar o seu pH. KAMPRATH & FOY (32), em acordo com RIXON E. SHERMAN (59) e BEN (5), verificaram diminuição na solubilidade do Al^{+++} , através da aplicação do calcário. Segundo BUCKMAN & BRADY (12), aplicações elevadas de calcário poderão diminuir a disponibilidade do K. Neste trabalho, o Ca aplicado tanto na forma SS, como na forma de CC, elevou o pH, e diminuiu o teor de Al^{+++} e de K do substrato. No entanto, o CC foi mais atuante na diminuição do teor de Al^{+++} , como no aumento do pH que o SS, em níveis equivalentes.

Quando se aplica CC ao solo, sua reação com a água, libera o Ca^{++} , OH^- , HCO_3^- . O OH^- combina-se com Al^{+++} , e forma-se após uma sequência de reações entre os mesmos, o $\text{Al}(\text{OH})_3$, que precipita, não sendo esta forma prejudicial a planta. Os íons de H^+ resultantes da hidrólise do Al^{+++} , e que são responsáveis pela acidez do solo, combina-se com o HCO_3^- , formando H_2O e CO_2 de acordo com BUCKMAN & BRADY (12). Desta maneira explica-se como o Ca diminuiu o teor de Al^{+++} no substrato e aumentou o seu pH. Quanto à diminuição nos teores de K, estes mesmos autores dizem que a calagem, resulta num aumento do poder de fixação do potássio dos solos.

Entretanto, o maior efeito na diminuição do teor de Al^{+++} e aumento de pH, quando se aplicou o CC, comparado ao SS em níveis equivalentes, provavelmente tenha sido devido ao Ca do CC ser mais solúvel, ou encontrar-se em uma forma mais simples que o SS, o que permitiria reação mais rápida do mesmo com o Al^{+++} e os íons H^+ . Por outro lado, a presença no SS do S tenderia a aumentar a solubilidade do Al^{+++} e diminuir o pH. Entretanto SOUZA (68) verificou que o SS foi mais eficiente no aumento do pH, do que o calcário podendo esta diferença ser explicada, devido a solubilidade das fontes de cálcio utilizada. Aquele autor, usou o calcário calcítico, enquanto, neste caso foi usado o carbonato de cálcio puro.

O valor do pH, quando se aplicou o maior nível de CC, variou em apenas 1,3 unidades, em relação à testemunha, o que pode ser explicado, devido ao teor alto da argila e M.O., determinados no substrato, o que confere, ao mesmo, alta capacidade tampão.

Constatou-se ao contrário do SS e CC, que os teores de Al^{+++} aumentaram e o pH, diminuiu, à medida que se aumentou os

níveis de S elementar. Segundo MASCARENHAS (42), a oxidação do S, causa a solubilidade de minerais do solo, pela reação do ácido sulfúrico que se forma, levando a mobilização do Al^{+++} e alguns nutrientes, assim como, aumenta a acidez do solo.

Os teores de Al^{+++} , determinados nas amostras do substrato, foi para maior nível de SS, 50% e para o maior de CC, 90% menores do que a testemunha; enquanto que, para o maior nível de S elementar foi 44%, maior do que a testemunha.

O efeito do P, sobre a eficiência da fertilização nitrogenada, tem sido referido por CHAPMAN & BROWN (16) e FRANK & MARTIN (22). Menores teores de N, em folhas de plantas cítricas, causado por doses altas de P, aplicadas ao solo, na forma de superfosfato simples, foram determinados por GALLO et alii (23), HASS & BRUSCA (26) e SOUZA (68). Por outro lado SPENCE & KOO (70), obtiveram menores teores de N, como consequência da aplicação de níveis altos de Ca, aplicados ao solo. O teor de N, determinado na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' neste trabalho, diminuiu com o aumento dos níveis de SS, CC e S elementar. O maior nível de SS, AF e CC, apresentou teores médios de N, menores que a testemunha em 46%, 29% e 27% respectivamente. Estas observações evidenciam que tanto o P como o Ca induziram diminuição da absorção do N, e que, quando estes dois nutrientes, foram fornecidos juntos em forma de SS, o efeito foi mais acentuado.

Ocorre correlação negativa entre P e N, segundo Nauder citado por RIVERO (58), quando se aplica N na forma nítrica, o que pode ser devido a uma possível competição entre cargas. Isto poderá explicar o fato do P ter diminuído o teor de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', já que neste trabalho, se utilizou o N na forma nítrica. Por outro lado, MALAVOLTA et alii (41), dizem que algumas

espécies de plantas, são incapazes de absorverem ou assimilarem de terminadas quantidades de nitratos, na presença de Ca.

Maiores teores de P na m.s. de folhas de plantas cítricas, com aplicações de doses altas de P, na forma de SS foram observados por GALLO et alii (23), BINGHAM et alii (7) e SOUZA (68). Constatou-se resultados semelhantes neste trabalho. Aplicações de P na forma de AF, apresentaram maiores teores de P na m.s. total das plantas, quando comparadas à doses equivalentes de SS. Isto pode ser explicado devido ao maior teor de P no substrato, quando se aplicou AF, comparado à níveis equivalentes de SS.

Menores teores de K, na m.s. de folhas de plantas cítricas, como consequência da aplicação de doses elevadas de Ca no solo, foram determinados por SPENCE & KOO (70). O contrário, foi observado no presente trabalho. O efeito do Ca, sobre a absorção de K, de acordo com KANH & HANSON (30), ocorre em pH abaixo de 6,5, o que realmente se verifica neste trabalho onde o mesmo foi abaixo deste valor. O teor de K na m.s. dos limoeiros 'Cravo', foi 45% maior do que a testemunha, quando se aplicou ao substrato o maior nível de CC.

Aumentos no conteúdo de Ca, na m.s. de folhas cítricas, provocado por aplicações de SS, tanto em sementeira como em plantas na fase de crescimento no local definitivo, foram observados por BINGHAM et alii (7) e SOUZA (68) respectivamente. Neste trabalho, o SS no maior nível, apresentou teor de Ca na m.s. total dos limoeiros 250% a mais do que a testemunha, e o CC no maior nível, 558%, concordando com aqueles autores. Obteve-se muito mais Ca, quando este nutriente foi aplicado na forma de CC, comparado a níveis equivalentes de SS. Este resultado pode ser explicado, devido aos teores de Ca no substrato terem sido maiores, quando se aplicou o CC.

O aumento do teor de Mg, em folhas de plantas cítricas, causado por aplicações de doses altas de P, aplicadas ao solo na forma de SS, foram verificados por CHAPMAN & BROWN (16), BINGHAM et alii (7) e SOUZA (68). Entretanto, DECHEN et alii (19) e HASS & BRUSCA (26), constataram o contrário. Os resultados deste trabalho, mostraram que tanto o SS como o AF no maior nível, aumentaram o teor de Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', 26% e 44% respectivamente, em relação à testemunha. Concordando com o primeiro grupo de autores, e evidenciando, que realmente o nutriente componente do SS, responsável pelo aumento da absorção de Mg é o P. Isto poderá ser explicado, devido à existência de efeito sinérgico entre P e Mg, segundo Reuther et alii citados por KAMPFER & UEXKULL (31). Entretanto, a não concordância destes resultados, com aqueles obtidos por DECHEN et alii (19) e HASS & BRUSCA (26), poderá ter sido, devido a diferenças de condições ambientais.

As deficiências de enxofre nas culturas, segundo Coleman citado por MASCARENHAS (42), podem ser corrigidas, empregando-se compostos que contenham este nutriente, ou usando S elementar separadamente, ou em mistura com o adubo. Segundo HIROCE (27) e MASCARENHAS (42), se o SS for usado, o suprimento de S é suficiente. Os dados deste trabalho, confirmam as observações destes autores, onde observa-se que tanto o S elementar como o SS, aumentaram os teores de S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo'. Tendo o maior nível de S elementar e SS, aumentado em 105% e 238% respectivamente, o teor deste nutriente, comparado à testemunha.

A influência do P, e do Ca, sobre a absorção de micronutrientes tanto em plantas cítricas, como em outras culturas, tem sido constatada por vários pesquisadores. Menores teores de B, Cu

e Zn na m.s. de folhas cítricas, causados por doses elevadas de P, aplicadas ao solo na forma de SS, foram encontrados por Brian, citado por KAMPFER & UEXKULL (31), FRANK & MARTIN (22), LABANAUSKAS et alii (58). Do mesmo modo MARTIN et alii citados por KAMPFER & UEXKULL (31), dizem que um alto teor de Ca no solo, é responsável pela menor absorção de B, Cu e Zn. Resultados semelhantes, obteve-se no presente trabalho.

A absorção iônica, é influenciada por fatores do meio e por fatores ligados a própria planta. Como um dos fatores do meio, temos a presença de um íon, interferindo na absorção de outro, e nesta situação, podemos ter antagonismo, sinergismo e inibição conforme menciona MALAVOLTA (38). Não se sabe no entanto, segundo OLSEN (48), o local exato onde estas interações ocorrem, sendo portanto o assunto, bastante controvertido.

Os menores teores de B, provocado por níveis altos de P e S, provavelmente tenha sido devidos a uma competição entre os íons, já que P, S e B são absorvidos como ânions. Entre P e Cu e P e Zn, segundo MALAVOLTA (38), existe inibição não competitiva.

Outras possíveis causas, que poderiam explicar os menores teores de B, Cu e Zn na m.s total das plantas, nos tratamentos que receberam, as doses mais elevadas de P e S, seriam a insolubilização destes micronutrientes no substrato, em formas de fosfatos e sulfatos, ou a fixação, na forma de complexos orgânicos. Segundo BUCKMAN & BRADY (12), os micronutrientes cátions, podem ser retidos em combinações orgânicas, e que este, é o princípio de formação dos compostos sintéticos, denominados quelados. Analisando-se o Quadro 2, verifica-se que o teor, de M.O. no substrato, foi alto.

O emprego de doses altas de Ca, segundo KAMPFER & UEXKULL (31), RIVERC (58), BUCKMAN & BRADY (12) e MASCARENHAS (42) ,

aumentaram o pH e, como consequência, diminuiu a disponibilidade do B, Cu e Zn. Neste trabalho verificou-se que nos maiores níveis de CC, o pH foi mais elevado, o que poderia ser a causa do menor teor de B, Cu e Zn nos limoeiros. Segundo MALAVOLTA (38), a deficiência de Zn, está relacionada com o pH, e sua elevação de uma unidade, provoca uma diminuição de 100 vezes, na concentração deste micronutriente na solução do solo.

Constatou-se também que o S elementar, diminuiu a absorção de Cu, porém, não pareceu ter grande influência nos teores de Zn na m.s. total das plantas. A literatura consultada, não menciona a ocorrência de interações entre S e Cu, entretanto, parece haver uma inibição não competitiva com o Cu, já que os mesmos, não competem pelo mesmo sítio do carregador no processo de absorção.

O maior nível de SS, AF, CC e S elementar, diminuiu os teores de B, Cu e Zn respectivamente na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' em relação a testemunha nas seguintes proporções: SS, 64%, 12% e 34%; AF; 60%, 40% e 27%; CC; 16% 26% e 13% e o S elementar; 28%; 8% e 8%. Podendo-se observar que, apesar do AF, fonte de P isolado, ter diminuído os teores destes micronutrientes em maior proporção, este não foi o único componente do SS, que teve este efeito; o mesmo verifica-se, em relação ao CC e S elementar, fontes isoladas dos nutrientes Ca e S, componentes do SS.

A deficiência de Mn em citros, segundo KAMPFER & UEXKULL' (31), é frequente em solos calcários, ou que tenham recebido fortes aplicações de calcário. Em soja, de acordo com MASCARENHAS (42), aplica-se S, para corrigir deficiência de Mn, induzida por excesso de calagem.

A oxidação do S, segundo MASCARENHAS (42), causa a solubi-

lidade do Mn, pela reação do ácido sulfúrico, que se forma com minerais e outras substâncias. Aplicações de calcário, diminuem o pH do solo, e reduzem a disponibilidade deste nutriente. Assim pode-se explicar os resultados encontrados neste trabalho, onde aplicações de S, mostraram os maiores teores de Mn na m.s. total das plantas, e aplicações de Ca, os menores teores. O aumento no teor de Mn, na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', para o maior nível de S elementar, comparado à testemunha, foi de 11%, enquanto que o maior nível de CC apresentou 182% menos Mn do que a testemunha.

Plantas cítricas vigorosas, devido a aplicação do P na forma de SS, foram obtidas por BOUMA (9), Wander citado por KAMPFER & UEXKULL (31), TUCHER & ANDERSON (73), BINGHAN et alii (7) e SOUZA (68). Neste trabalho, todas as características de crescimento, dos limoeiros 'Cravo' avaliadas apresentaram crescimento linear, para os níveis de SS. Sendo que, no maior nível desta fonte, as características de crescimento como: altura dos limoeiros aos três e seis meses pós-semeadura, comprimento das raízes, peso da m.s. da parte aérea, peso da m.s. das raízes e peso da m.s. total aos seis meses pós-semeadura, foram: 168%, 304%, 98%, 992%, 673% e 815% respectivamente superiores à testemunha. Tendo estes limoeiros, se mostrado aptos para o transplante, pois, segundo SALIBE (63), limoeiros com alturas de 12 cm, podem ser submetidos a esta operação.

O fato dos limoeiros 'Cravo', no maior nível de SS, ter atingido crescimento superior, pode ser explicado em primeiro lugar, devido à presença do P, Ca e S nesta fonte e aos teores baixos deste nutriente no substrato, diminuição nos teores de Al, e aumento nos valores de pH. Os teores de P, K, Ca^{++} + Mg^{++} no subs

trato, foram acima do nível médio, o Al^{+++} , foi baixo e o pH, baixo conforme os níveis de classificação apresentados pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17). Em terceiro lugar, devido aos teores dos nutrientes na m.s. total dos limoeiros, terem atingido níveis satisfatórios.

O P aplicado na forma de AF, quando comparado ao CC e S elementar, apresentou maior altura, maior peso da m.s. da parte aérea, maior peso da m.s. das raízes e maior peso da m.s. total dos limoeiros aos seis meses pós-semeadura. Os aumentos no crescimento, foram lineares. De acordo com Smith citado por SOUZA (68), quando o P é encontrado na solução do solo, ou na solução nutritiva, acima do nível, em que é considerado deficiente, não causa efeito direto no crescimento da parte aérea dos citros.

O Ca, aplicado ao substrato na forma de CC, foi o nutriente componente do SS, que apresentou maior altura dos limoeiros aos três meses e maior comprimento de raízes aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', comparado ao AF e S elementar. Podendo este fato ser explicado, devido à neutralização do Al^{+++} e aumento do pH do substrato.

O CC, apresentou resposta quadrática, para todas as características de crescimento dos limoeiros, avaliadas aos seis meses pós-semeadura, à exceção do peso da m.s. das raízes, onde não houve efeito significativo, para os coeficientes da equação.

O peso da m.s. total dos limoeiros, aumentou até o teor de $1320 \text{ g de CaO/m}^3$ do substrato, diminuindo a partir deste ponto. Verificou-se menores teores de N, Mg, B, Cu, Mn e Zn, com aumento dos níveis de CC. Os menores teores destes nutrientes, induzidos pelos níveis altos de CC, provavelmente, tenham causado

distúrbios no metabolismo dos limoeiros, retardando o seu crescimento, em relação aos menores níveis de CC.

O S elementar, apresentou menores crescimento dos limoeiros 'Cravo', que o SS, AF e CC. Podendo os menores crescimento, devido ao maior nível desta fonte, serem atribuídos ao aumento nos teores de Al^{+++} no substrato, considerados altos segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17) e ao teor de Mn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' que foi 120% maior que o nível equivalente.

Estes elementos em níveis altos, são tóxicos para as plantas, pois de acordo com diversos pesquisadores como (32,12, 5 e 20), eles tanto alteram, como inibem os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, como também a absorção dos nutrientes; e estes efeitos poderão ter sido ainda mais agravados, devido aos teores de P e Ca no substrato, terem sido baixos.

Dando-se o valor 100 ao maior peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' obtido com o SS no maior nível, verifica-se que os níveis equivalentes de AF, CC e S elementar, contribuíram com 36% 15% e 11% respectivamente. Este fato evidencia que, não só o P é o nutriente do SS responsável pelo crescimento da planta, o Ca e o S também são importantes. Entretanto, alguns autores aplicando o SS concluíram unicamente, em função do P contido nesta fonte, sem considerarem o Ca e o S.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, para as condições experimentais deste trabalho, permitiram as seguintes conclusões:

1. A aplicação, de 1280 g de P_2O_5/m^3 do substrato na forma de superfosfato simples, em relação aos demais tratamentos, promoveu: maiores alturas dos limoeiros 'Cravo' medidas aos três e seis meses pós-semeadura; maior comprimento das raízes; maior peso da m.s. da parte aérea; maior peso da m.s. das raízes; maior peso da m.s. total da planta, tomados aos seis meses pós-semeadura. Os aumentos promovidos, em relação a testemunha, foram de: 168%; 304%; 98%; 992%; 673%; 815% respectivamente, para as variáveis supra citadas.

2. Considerando-se o peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' no maior nível de superfosfato simples, como 100, e, comparando-se aos níveis equivalentes de ácido fosfórico, carbonato de cálcio e enxofre elementar, verifica-se que o uso do ácido fosfórico promoveu 36% do peso da m.s. total em relação ao SS, o CC promoveu 15% e o S promoveu 11%.

3. As plantas, submetidas a dose de 1280 g de P_2O_5/m^3 do substrato, na forma de superfosfato simples, mostraram-se aptas

7. RESUMO

O uso do superfosfato simples na agricultura, tem sido feito quase que exclusivamente, com a finalidade de suprir as plantas em P. Entretanto, esta fonte possui em sua constituição, além do P, teores expressivos de Ca e S, que também são considerados essenciais às plantas. Observa-se, que apesar destes fatos, alguns pesquisadores trabalhando com o superfosfato simples, têm atribuído aos seus resultados apenas o efeito do P.

Este trabalho, foi desenvolvido com o objetivo de verificar o efeito do superfosfato simples e de seus nutrientes principais, no crescimento do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck); até a repicagem, nos teores de P, K, $Ca^{++} + Mg^{++}$, S, Al^{+++} e valores de pH do substrato e nos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn na m.s. total das plantas.

Foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências do solo, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais, no período de setembro de 1979 a março de 1980. O delineamento experimental usado, foi o de blocos casualizados, com 17 tratamentos em seis repetições.

Utilizou-se o superfosfato simples em quatro níveis de P_2O_5 ; 80, 160, 320, e 1280 g/m³ do substrato. Tais níveis de superfosfato simples além de P_2O_5 continham; 110, 220, 440 e 1760 g/m³ de CaO e 50, 100, 200 e 800 g/m³ de S. Equivalente aos níveis de P_2O_5 CaO e S do superfosfato simples, foram aplicados ácido fosfórico, carbonato de cálcio e enxofre elementar, respectivamente.

Os vasos utilizados, foram confeccionados com recipientes vazios de óleo lubrificante, revestidos internamente por saco de polietileno e receberam como substrato, 2,6 kg de material superficial de um solo proveniente de local sob vegetação natural, classificado como Latossolo Roxo Distrófico.

A aplicação de 1280 g de P_2O_5 /m³ do substrato na forma de superfosfato simples, em relação aos demais tratamentos promoveu: maior altura dos limoeiros 'Cravo' medida aos três e seis meses; maior comprimento das raízes; maior peso da m.s. da parte aérea; maior peso da m.s. das raízes; maior peso da m.s. de toda planta, tomados aos seis meses pós-semeadura. Os aumentos promovidos, em relação a testemunha foram de 168%; 304%; 98%; 992%; 673%; 815% respectivamente.

Considerando-se o peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' no maior nível de superfosfato simples como 100, e, comparando-se aos níveis equivalentes de ácido fosfórico, carbonato de cálcio e enxofre elementar, verifica-se que 36% do peso da m.s. total foi promovido pelo P, 15% pelo Ca e 11% pelo S.

Os teores de P, $Ca^{++} + Mg^{++}$ e S, determinados nas amostras do substrato, quando se aplicou 1280, 1760 e 800 g de P_2O_5 , CaO e S na forma de ácido fosfórico, carbonato de cálcio e enxofre elementar, foram 1060%, 13% e 18%, respectivamente superiores às

aplicações equivalentes de superfosfato simples.

Os teores de N, B, Cu e Zn, determinados na m.s. to tal dos limoeiros, quando se aplicou 1280 g de P_2O_5/m^3 do substrato, foram menores em 46%, 64%, 12% e 34% respectivamente para aplicações na forma de superfosfato simples e 29%, 60%, 40% e 27% respectivamente, para aplicações na forma de ácido fosfórico, com parados a testemunha. A aplicação de 1760 g de CaO/m^3 do substrato na forma de carbonato de cálcio diminuiu os teores de N, B, Cu e Zn, na m.s. total dos limoeiros em 27% 16%, 26% e 13% respectivamente, em relação a testemunha. Enquanto que a aplicação de 800 g de S/ m^3 do substrato na forma de enxofre elementar diminuiu em 28%, o teor de B na m.s. total dos limoeiros.

8. SUMMARY

EFFECTS OF SIMPLE SUPERPHOSPHATE ON PRINCIPAL NUTRIENTS AND GROWTH OF RANGPUR LIME (*Citrus limonia* Osbeck) TRANSPLANT.

Simple superphosphate has been used in agriculture almost exclusively for the purpose of supplying P to plant. But this source contains expressive amount of Ca and S in its constitution besides P, which are also considered essential to plants. It is observed that many researchers attribute exclusively the effects of P working with simple superphosphate.

This research was conducted to determine the effects of levels of simple superphosphate on principal nutrients and growth of Rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck) seedlings, before first transplanting; on content of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn in dry material of seedlings; and P, K, $Ca^{++} + Mg^{++}$, S, Al^{+++} and pH in soil substrate.

The work was conducted in greenhouse of Soil Science, Department of Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais

rais State, during september 1979 and March 1980. The experimental design followed randomized blocks with 17 treatments and 6 replicates.

Four levels of P_2O_5 in simple superphosphate: 80, 160, 320 and 1280 g/m^3 of substrate were used. These levels of simple superphosphate also contained 110, 220, 440 and 1760 g/m^3 of CaO and 50, 100, 200 and 800 g/m^3 S. Equivalent to the levels of P_2O_5 , CaO and S supplied with simple superphosphate, phosphoric acid, calcium carbonate and sulphur element were applied in separated treatment to measure individual effect of P, Ca and S in simple superphosphate.

The pots used were made with lubricant oil cans coated with polyethelene bag. They received as substrate 2.6 kg clay soil dug from natural vegetation classified as Dark Red latossol.

Application of 1280 g/m^3 of P_2O_5 to the substrate in form of simple superphosphate gave, in comparasion with other treatment: superior plant height measured three and six months after treatment; longer roots, superior dry weight of above-ground part, superior dry weigth of root superior total weight six months after seeding. The increases above control were: 168%, 304%, 98%, 992%, 673% 815% respectively for theses traits.

Considering total dry weight of lime of the highest level of simple superphosphate as 100 and comparing with its equivalent levels of phosphoric acid, calcium carbonate and sulfur element, it was observed that 36% of total dry weight was attributed to P, 15% to Ca and 11% to S.

The content of P, Ca^{++} + Mg^{++} and determine in total dry weight of lime with the application of 1280, 1760 800 g of P_2O_5 , CaO and S in form of phosphoric acid, calcium carbonate, and

sulfur element were 1060%, 13% and 18% superior to application of simple superphosphate in equivalent amount respectively.

The content of N, B, Cu and Zn determined in total dry weight of lime with application of 1280 g/m³ of P₂O₅ were 46%, 64%, 12% and 34% respectively inferior when simple superphosphate is applied and 29%, 60%, 40%, and 27% inferior respectively when phosphoric acid is applied comparing with control. Application of 1760 g CaO/m³ of substrate in form of calcium carbonate reduced content of N, B, Cu, Zn, of total dry weight of lime in 27%, 16%, 26%, 13% respectively in relation to control. But application of 800 g S/m³ of substrate in form of element sulfur reduced in 28% the content of ~~Bu~~total dry weight of lime.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, W.A.; ILCHENKO, W. de & SEILER, F.E.E. Sobre transformações de fosfatos em diferentes solos do Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO, 3., Recife, 1951. Anais... Rio de Janeiro, SBCS, 1951. p. 269-88.
2. AROEIRA, I.S. Fruticultura Geral. Viçosa, UREMG, 1960. 125 p.
3. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras - MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 67 p. (Tese Doutorado).
4. BARDSLEY, C.E. & LANCASTER, J.D. Acetate-soluble sulfate. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties. Madison, American Society of agriculture, 1965. v.2, p. 1117-23.
5. BEN, J.R. Efeito da calagem no comportamento dos elementos alumínio, cálcio, magnésio, e potássio no solo e relações dos mesmos com a planta. Santa Maria, UFSM, 1975. 65 p. (Tese MS).
6. BIASI, J. Avaliação do fósforo relacionado a diversos extrato-

- res químicos em solo de Santa Catarina. Piracicaba, ESALQ, 1978. 181 p.
7. BINGHAM, F.T.; MARTIN, U.P. & CHASTAIN, J.A. Effects of phosphorus fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. Soil Science, Baltimore, 86 (1): 26-7, July 1975.
8. BLACK, C.A. Soil plant relationships. New York, 2 ed. John Wiley, 1967. 792 p.
9. BOUMA, D. The effect of sulfate usage on the availability of soil phosphorus of citrus. Journal of Agricultural, Western Australia, (11): 292-303, 1960.
10. BRAGA, J.M. Estado Nutricional de um pomar cítrico e influência de fatores ambientais no teor de elemento na folha. Revista Ceres, Viçosa, 17 (91): 61-76, jan.mar. 1970
11. BRYAN, O.C. Malnutrition simptoms of citrus practical methods of treatment. Talharse Bull Departamento de Agricultura da Flórida, 1950. 93 p. (Bulletin, 6).
12. BUEKMAN, O.H. & BRADY, C.N. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594 p.
13. CASTRO, A.M. de. Efeitos de macronutrientes no crescimento de mudas e na produção de guaranazeiro (Paulinea cupana, var sorbilis). Piracicaba, ESALQ, 1975. 109 p. (Tese MS).
14. CHAPMAN, H.D. The effects of sulfur deficiency of citrus. Hilgardia, Berkeley, 14(4):185-203, Nov. 1941.

15. CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER W. & WEBER, H.J. The citrus industry. Berkeley, University of California, 1968. v. 2, p. 127-289.
16. _____ & BROWN, S.M. The effects of phosphorus deficiency on citrus. Hilgardia, Berkeley, 14(4): 161-81. 1941.
17. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Lavras. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3 a. aproximação Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80 p.
18. CORNILLON, P. Effects of root temperature on the absorption of mineral elements by tomatoes. Ann. Agron. 1977, 28,4,409 - 23. In: PHOSPHORUS IN AGRICULTURE, Paris, 33 (75): 46, abst. 4414, mar. 1979.
19. DECHEN, A.R. Efeito de 27 anos de adubação de laranjeira baianinha com N, P, K, nos teores de K, Ca e Mg no solo nas folhas e na produção de frutos. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 6, Anais... Recife, SBF. v.2, p. 607-614, Recife 1981.
20. EPSTEIN, E, Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e científicos, 1975. 344 p.
21. FRANCO, N. Fosfatos naturais parcialmente acidificados em H₃PO₄ HCl e H₂SO₄ na cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Maench) em um solo de cerrado de Ituiutaba-MG. Viçosa 1977. 73 p. (Tese MS).

22. FRANK, C. & MARTIN, J. Effects of phosphorus on minor elements. California Citrograph, Riverside, 40 (6): 246-8, Mar. 1954.
23. GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUES, O. & FRAGA JR., C.G. Composição inorgânica das folhas de laranjeira "Baianinha", com referência à época de amostragem e adubação química. Bragantia, Campinas, 19(16): 229-46, mar. 1960.
24. GIORDANO, P.M. & MORTVEDT, J.J. Response of corn to Zn in orthoand pyrophosphate fertilizers, as affected by soil temperature and moisture. Agronomy Journal, 1978, 70, 4, 531-4. In: PHOSPHORUS IN AGRICULTURE, Paris, 33 (75):48, abst. 4363, mar 1979.
25. GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. cap. 6, p. 77-84.
26. HASS.A.R.C. & BRUSCA, J.N. Effects of fertilizers and rootstock on total phosphorus content of citrus flowers. Soil Science, Baltimore, 64 (1): 47-59, feb. 1974.
27. HIROCE, R.S. Efeito do enxofre na produção de soja. Bragantia, Campinas, 31(13): 15-7, Nov. 1974.
28. HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1950. 63 p.
29. JACOBY, B. Function of bean roots and stems in sodium retention. Plant Physiology, Michigan, 39 (3) : 445-9, May 1964.

30. KAHN, J.S. & HANSON, J.B. The effect of calcium on potassium accumulation in corn and soybeans roots. Plant Physiology, Michigan, 20 (2): 518-9, July 1957.
31. KAMPFER, M. & UEXKULL, H.R. von. Nuevos conocimientos sobre la fertilization de citricos. 3. ed. Hannover, Verlags Gesellschaft fur Ackerbau, 1966. 104 p. (Boletim Verde, 1).
32. KAMPRATH, E.J. & FOY, C.D. Exchangeable aluminium as a criterion for liming leached soils mineral. Soil Science Society America Proceedings. Madison, 34 (2): 252-4, sept. 1970.
33. KORNDORFER, G.H. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre, Fundação para o Desenvolvimento de recursos Humanos, 1978. 61p. (Tese MS).
34. KUMAR, V. & SINGH, M. Sulfur and zinc relationship on uptake and utilization of zinc in soybean. Soil Science, Baltimore, 128 (6): 343-7, Dec. 1979.
35. _____; JONES, W.N. & EMBLETON, T.W. Influence of soil applications of nitrogen, phosphate and potash on the micronutrient concentration in Washington Navel orange leaves. Proceedings American Society Horticultural Science, Madison, 75(12):230-5, May 1960.
36. LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de método de trabalho de campo Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 1976. 36 p.

2 (1): 88-104. 1955.

46. MORAIS, F.R.P. & CERVELLINI, G.S. Fontes de fósforo na formação de mudas de café. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO 15, Campinas, 1976. Anais... Campinas, SBCS, 1976. p. 2113.
47. OLMOS, J.I. & CAMARGOS, M. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil; sua característica e distribuição. Ciência e cultura, São Paulo, 28(2): 171-8, fev. 1976.
48. OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDET, J.J. et alii. Micronutrients in agriculture. Madison, 1972.p. 243-61
49. _____. Phosphate diffusion to plant roots. Soil Science Society of America proceedings, Madison, 26(3):222-7, Sept. 1962
50. _____; BOWMAN, R.A. & WATANABE, F. S. Behavior of Phosphorus in Agriculture, Paris, 31(70): 31-46, June 1977.
51. _____ & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, p. 1035-58.
52. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Nobel, 1976. 430 p.
53. POMPEU JÚNIOR, J. Portaenxertos para citros. In: RODRIGUES, O. VIEGAS, F. Citricultura brasileira. Campinas, Fundação Cargil, 1980. p. 281-92.

37. LOPES, E.S. Alguns aspectos da microbiologia do solo. In: MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. cap. 22, p. 257-71.
38. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, Pioneira, 1980. 251 p.
39. _____, E. Manual de química agrícola. São Paulo, Ceres, 1976. 528 p.
40. _____. Nutrição mineral e adubação dos citros. In: MOREIRA, C. Nutrição mineral e adubação dos citros. São Paulo, ESALQ, Instituto Internacional da Potassa, 1979. p. 13-101. (Boletim técnico, 5).
41. _____. HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 727 p.
42. MASCARENHAS, H.A.A. Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta. Campinas, Fundação Cargil, 1977. 95 p.
43. _____ KIHIL, V. Aplicação de enxofre em soja cultivada em latossolo vermelho-escuro, fase arenosa de cerrado. Bragantia, Campinas, 33(1): 63-5, jul. 1974.
44. MCMILLER, P.R. Influence of gypsum availability of potash in soil. Journal of Agricultural Research, Western Austrália, 14(1): 61-6, Aug. 1918.
45. MOHR, W. Significação e interpretação dos dados referentes à acidez dos solos. Agronomia sulriograndense. Porto Alegre,

54. PONS, A.L.; STAMMEL, J.G. & KORNGLIUS, E. Efeito residual da calagem e da adubação fosfatada sobre a produção de alfafa (Me*dicago sativa* L.) Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre , 10 (2): 211-26. 1974.
55. RASMUSSEN, G.K. & SMITH, P.F. Effects of fertilizer rate, roots tock and leaf age level of sulfur in citrus leaves. Procee - dings of the American Society for Horticultural Science, Michi gan, 71(4):241-7, oct. 1958.
56. REEVE, N.G. & SUMMER, M.E. Lime requeriment of Natal oxisoils basead on exchangeable aluminun. Soil Science Society of America Proceedings. Madison 34(4): 595-98. oct 1970.
57. REUTHER, W.; SMITH, P.F. & SPECHT, A.W. Acumulation of the ma jor bases and heay in Florida citrus soils in relation toph_sphate fertilization. Soil Science, Baltimore, 73(1): 371-81, july 1951.
58. RIVERGO, J.M. Los estados de carência de los agrios. 2. ed. Madri, Mundi-Prensa, 1968. 510 p.
59. RIXON, A.J., & SHERMAN, G.D. Effects of heavy line applications to volcante ash soils in the umid tropics. Soil Science, Bal timore, 94(1): 19-27, june 1962.
60. RODRIGUES, O. & GALLO, J.R. Levantamento do estado nutricional' dos pomares cítricos de São Paulo pela análise foliar. Bra - gantia, Campinas, 20 (48): 1183-202, dez. 1961.

61. ROY, N.R.; SEETHARAMAN, N. & SING, R.N. Fertilizer use re search in Índia. Phosporus in Agriculture, Paris, 32(74): 15-25, Nov. 1978.
62. SALIBE A.A. Citricultura no Brasil e no mundo. ENCONTRO NA CIONAL DE CITRICULTURA, 4., Aracajú 1977. Anais ... Aracajú SUDAP, 1977. p. 1-9.
63. _____. Curso de especialização em citricultura a nível de pós-graduação. 3. ed. Recife, UFRP e, 1977. 188 p. (Apostila).
64. SANCHEZ, P.A. Soil fertility evolution. In: _____. Properties and management of soils in tropics. 2. ed. New York. J. Wiley. 1976. p. 295-355.
65. SANTOS, M.G.M.F. Influência da cultivar e do número de frutos dos ramos nos teores de nutrientes foliares de citros. Lavras, ESAL, 1980. 77 p. (tese MS).
66. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56 p.
67. SÁ SANTOS, P.R.R. Relação entre os teores de fosfóro no solo e produção da cultura da soja em solos sob vegetação de cerrado; um estudo de calibração. Viçosa, UFV, 1978.
68. SOUZA M. Efeito de P, K e Ca no crescimento da parte aérea da laranjeira 'Pera Rio' (Citrus sinensis L. Osbeck) em La tóssolo vermelho escuro fase cerrado, Paracicaba, ESALQ, 1976. 132 p. (Tese Doutorado).

69. SPENCER, W.F. Effects of heavy applications of phosphate and lime on nutrient uptake, growth, freege, injury, and root distribution of grapfruit trees. Soil Science, Baltimore, 89 (5): 311-8, May 1960.
70. _____ & KOO, R.C.J. Calcium deficiency in field grow ci trus trees. Proceedings American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 89:311-8, 1962.
71. SRIVASTAVA, S.C. & AGRAWAL, M.P. Enchacced solubility of di calcio phosphate in the presenc of magnesium and sulfate' ions, and it's edaphic significance in calcareous soils . Soil Science, Baltimore, 104(2): 77-85, Aug. 1967.
72. STEEL, D.G.R. & TORRIE, H.J. Principles and procedures of statistics. New York, MacGraw Hill, 1960. 481 p.
73. TUCHER, D.P.H. & ANDERSON, C.A. Correction of citrus seedlings stunting of fumigated soils by phosphate applications. The citrus Industry, Tampa, 55(11): 19-23, Nov. 1974
74. VAN RAIJ, B. The use of phosphates on the main crops in Bra sil. Phosphorus in Agriculture, Paris, 33(76):121-31, sept. 1979.
75. VETORI, L. Métodos de análise do solo. Brasil, Ministério da Agricultura, 1969. 24 p. (Boletim, 7).
76. WILKSON, H. F. Movement of micronutrients to plant rots. In: MORTVEDT, J.J. et alii. Micronutrients in Agriculture . Ma dison, 1972. p. 139-66.

77. WOODRUF, J.R. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the langmur isotherm and its relathionship to phosphorus availability. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29(10):148-50, july 1965.