

SÉRGIO ALVES DE CARVALHO

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO SUPERFOSFATO SIMPLES
E DO CALCÁRIO DOLOMÍTICO NO LIMOEIRO
'CRAVO' EM SEMENTEIRA.

Dissertação 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
1987

SÉRGIO ALVES DE CARVALHO

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO SUPERFOSFATO SIMPLES E DO CALCÁRIO DOLOMÍTICO NO LIMOEIRO "CRAVO" EM SEMEANTEIRA

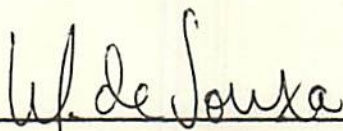
Trabalho apresentado à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, como parte dos
exigências do Curso de Engenharia
em Agronomia, área de concentração
em Agronomia, para obtenção do grau de

M

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1987

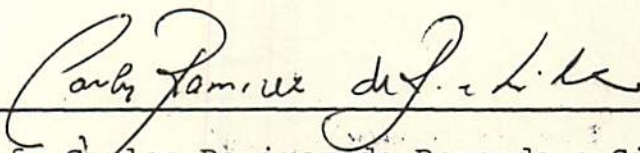
MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO SUPERFOSFATO SIMPLES E DO
CALCÁRIO DOLOMÍTICO NO LIMOEIRO 'CRAVO' EM SEMENTEIRA

APROVADA: Lavras, 07 de agosto de 1987

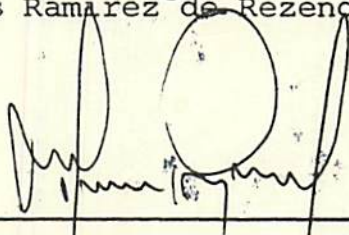


Prof. Maurício de Souza

Orientador



Prof. Carlos Ramirez de Rezende e Silva



Prof. Moacir Pasqual

Aos meus pais Geraldo Augusto e
Terezinha, com profunda admiração e
orgulho.

Aos meus irmãos Sílvia Cristina, Marília,
Maria José, Joel, Ruth e Fátima e meus sobrinhos,
como homenagem.

À minha noiva Elvânia Mara, pelo incentivo e
valiosa participação em todas as etapas deste trabalho.

À Ciência, para que a manipulação do conhecimento seja um constante exercício da paz.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos, possibilitando maior dedicação e entusiasmo na execução deste trabalho.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE, pela ajuda financeira para os trabalhos de impressão.

Ao Orientador - Professor Maurício de Souza, pela confiança e incentivo e valiosos ensinamentos transmitidos.

Aos Professores Carlos Ramirez de Rezende e Silva e Moacir Pasqual pelas sugestões e manifestações de apoio.

Ao Professor Paulo César Lima, pela orientação nas análises estatísticas e ao Professor Nilton Curi pelas informações sobre o solo utilizado como substrato.

Aos Colegas Aledir Cassiano da Rocha, Edson Diogo Tavares e Márcio Sandrini, pela demonstração de amizade e preciosa colaboração para a execução deste trabalho.

Aos Pesquisadores Oswaldo Ryohei Kato e Maria do Socorro Kato, pelas sugestões e ajuda na avaliação do experimento.

Aos demais Professores e Colegas do Curso de Mestrado, pelo aprimoramento técnico e social obtido no decorrer deste treinamento.

Aos funcionários dos Departamentos de Agricultura e Solos, do Pomar, do Centro de Processamento de Dados e da Oficina Gráfica da ESAL, pela dedicação e eficiência com que atuaram nos momentos necessários.

Aos amigos Renato Paiva e Ricardo Magela de Souza, pelo incentivo à realização do Curso de Pós-Graduação.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

SÉRGIO ALVES DE CARVALHO, filho de Geraldo Augusto de Carvalho e Terezinha Alves de Carvalho, nasceu em Lavras, Estado de Minas Gerais, em 18 de junho de 1960.

Concluiu o 1º grau no Grupo Escolar Firmino Costa em 1971, e o 2º grau na Escola Estadual Dr. João Batista Hermeto em 1978, ambos na cidade de Lavras, Estado de Minas Gerais.

Em 1980 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais, graduando-se em Engenharia Agrônômica em dezembro de 1983.

Em fevereiro de 1985, iniciou o Curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A Nutrição Mineral e o Crescimento de Citros	4
2.1.1. Fósforo	6
2.1.2. Cálcio	9
2.2. O Emprego de Adubos Fosfatados	11
2.2.1. Efeitos nos Componentes Químicos e Valores de pH do Solo	13
2.2.2. Efeitos nos Teores de Nutrientes na Matéria Seca	15
2.2.3. Efeitos no Crescimento Vegetativo	20
2.3. O Emprego de Calcários	22
2.3.1. Efeitos nos Componentes Químicos e Valores de pH do Solo	23
2.3.2. Efeitos nos Teores de Nutrientes na Matéria Seca	25
2.3.3. Efeitos no Crescimento Vegetativo	27

3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Material	29
3.1.1. Plantas	29
3.1.2. Substrato	30
3.1.3. Fertilizantes	31
3.2. Métodos	32
3.2.1. Delineamento Experimental	32
3.2.2. Instalação e Condução do Experimento	33
3.2.3. Avaliações	35
3.2.4. Análises Estatísticas	36
4. RESULTADOS	38
4.1. Componentes Químicos e Valores de pH Determinados nas Amostras do Substrato aos Seis Meses Pós-Seme adura	38
4.2. Teores de Nutrientes na M.S. Total das Plantas aos Seis Meses Pós-Semeadura	51
4.3. Características de Crescimento Vegetativo Avalia- das aos Quatro e Seis Meses Pós-Semeadura	66
5. DISCUSSÃO	77
6. CONCLUSÕES	103
7. RESUMO	105
8. SUMMARY	107
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
APÊNDICE	122

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Valores de alguns componentes físicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletados em duas profundidades. ESAL, Lavras, 1985 .	30
2	Valores de alguns componentes químicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletados em duas profundidades. ESAL, Lavras, 1985	31
3	Médias por níveis de superfosfato simples e de cálcio dolomítico em cada método de aplicação, dos teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} e valores de pH determinados nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986	42
4	Médias por fertilizantes em cada método de aplicação dos teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} e valores de pH determinados nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986	50

QUADRO

Página

- 5 Médias por níveis de superfosfato simples e de cal-
cário dolomítico, em cada método de aplicação, pa-
ra os teores de nutrientes na m.s. total dos limo-
eiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura. ESAL,
Lavras, 1986.
- 6 Médias por fertilizantes em cada método de aplica-
ção dos teores de nutrientes determinados na m.s.
total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-se-
meadura. ESAL, Lavras, 1986
- 7 Médias por níveis de superfosfato simples e de cal-
cário dolomítico em cada método de aplicação, para
as características de crescimento vegetativo avali-
adas aos quatro e seis meses pós-semeadura dos li-
moeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986
- 8 Médias por fertilizantes em cada método de aplica-
ção para as características de crescimento vegeta-
tivo determinadas aos quatro e seis meses pós-seme-
adura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986 .

Cravo
M.A.
Substituto

(55)

Fert.
M.A.
Substituto

(65)

Cravo
M.A.
crato V

(68)

Fert.
M.A.
crato V

(76)

121
122
123

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Equações de regressão para os teores de P nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de SS em aplicação incorporada e localizada	43
2	Equação de regressão para os teores de K nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de CD em aplicação incorporada	44
3	Equações de regressão para os teores de Ca^{++} nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação incorporada	45
4	Equações de regressão para os teores de Mg^{++} nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de CD nos dois métodos de aplicação	46

FIGURA

Página

5	Equações de regressão para os teores de Al^{+++} nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação localizada	47
6	Equações de regressão para os valores de pH determinados nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de CD nos dois métodos de aplicação	48
7	Equações de regressão para os teores de N na m.s.to tal dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação incorporada	56
8	Equações de regressão para os teores de P na m.s.to tal dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação incorporada	57
9	Equações de regressão para os teores de K na m.s.to tal dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS em aplicação incorporada ..	58
10	Equações de regressão para os teores de Ca na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação incorporada	59

FIGURA

Página

11	Equação de regressão para os teores de Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de CD em aplicação localizada ..	60
12	Equações de regressão para os teores de S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação	61
13	Equação de regressão para os teores de B na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS em aplicação incorporada ..	62
14	Equações de regressão para os teores de Mn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação	63
15	Equação de regressão para as alturas dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, e os níveis de SS em aplicação incorporada	69
16	Equações de regressão para as alturas dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação	70
17	Equação de regressão para os comprimentos de raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de CD em aplicação localizada	71

FIGURA

Página

- 18 Equações de regressão para peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação 72
- 19 Equações de regressão para peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação 73
- 20 Equações de regressão para peso da m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação ... 74

1. INTRODUÇÃO

* As plantas cítricas são propagadas comercialmente através da enxertia, sendo os porta-enxertos obtidos inicialmente em sementeiras. Devido a características como tolerância ao vírus da tristeza, disponibilidade de sementes, precocidade e compatibilidade com a maioria das variedades copa, no Brasil o limoeiro 'Cravo' tem sido o porta-enxerto preferido pela quase totalidade dos citricultores, ANDRADE (5) e POMPEU JR. (49).

A obtenção de mudas com elevada rizomassa é um dos objetivos do vivericultor, e pesquisas com o limoeiro 'Cravo' até a fase de repicagem apresentam respostas significativas à adubações com P, que tem sido adicionado aos substratos na forma de superfosfatos.

Os superfosfatos possuem também quantidades relativamente altas de Ca, que é o nutriente que aparece em maiores proporções nas plantas cítricas, e relaciona-se diretamente com o desenvolvimento do sistema radicular (3, 22, 35).

A eficiência do fertilizante em proporcionar condições

de desenvolvimento à planta depende, além dos nutrientes que possui, das dosagens e do método pelo qual é adicionado ao substrato.

Para a produção de mudas de frutíferas, as dosagens de fertilizantes fosfatados a serem adicionadas ao substrato devem ser maiores quando estes são totalmente misturados ao solo do que quando localizados no sulco de plantio, SOUZA (67). As recomendações de adubações em sementeiras cítricas são também sempre maiores quando se incorpora o fertilizante.

A necessidade de maiores dosagens quando a aplicação é realizada incorporando-se o fertilizante fosfatado, deve-se à grande capacidade de fixação do P apresentada pelos solos utilizados nas sementeiras, que são geralmente de baixa fertilidade natural. A aplicação localizada no sulco de plantio proporciona menor contato do fertilizante com o solo, diminuindo as reações de fixação. Para os calcários, entretanto, a indicação é de que se deve aplicar totalmente incorporado ao substrato, para que ocorra maior solubilização e liberação do Ca (16, 36, 54).

Apesar de requerer maiores dosagens para compensar a fixação, a aplicação incorporada de fertilizantes fornecedores de P pode proporcionar maiores contatos dos íons com as raízes. Com isto, há um aumento na absorção e conseqüentemente um maior desenvolvimento da planta, GOEDERT & SOUZA (27).

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos no solo e no crescimento e nutrição dos limoeiros 'Cravo', de diferentes níveis de superfosfato simples e de calcário dolomítico,

em dois métodos de aplicação: incorporado ao substrato; e localizado no sulco de plantio, sendo no segundo método utilizadas doses cerca de três vezes menores que no primeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Nutrição Mineral e o Crescimento dos Citros

Os vegetais realizam o fenômeno da fotossíntese, através da absorção de água, luz e nutrientes que se encontram no solo ou no ar. Cada espécie possui um potencial de produção e a manifestação deste potencial vai depender da satisfação das condições externas ou do meio ambiente, como clima e solo. Dentre estes fatores, o solo é considerado o mais maleável, principalmente em relação às suas propriedades químicas. A manipulação correta dos aspectos nutricionais das plantas, juntamente com os fatores de clima, variedades e manejo, leva ao melhor aproveitamento dos recursos, com a obtenção de melhores rendimentos, MALAVOLTA (36).

Os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas encontram-se geralmente no solo em fase sólida, passam para a solução do solo e então são absorvidos pelas raízes e incorporados ao vegetal. Destes nutrientes, são considerados essenciais aqueles sem os quais as plantas não vivem, e três critérios foram

propostos por Arnon & Stout (1939) segundo BLEASDALE (13), para demonstrar a essencialidade de um determinado elemento para uma determinada espécie; 1) Na ausência do elemento a planta não completa o seu ciclo de vida; 2) O elemento não pode ser substituído por nenhum outro; 3) O elemento deve ter efeito direto na vida da planta e não exercer apenas o papel de, com sua presença no meio, neutralizar efeitos tóxicos, químicos e biológicos desfavoráveis para o vegetal.

Dentre os elementos minerais essenciais, de acordo com a quantidade exigida pela planta, temos os macronutrientes e os micronutrientes. Os macronutrientes são aqueles exigidos em maiores quantidades e são constituídos pelo N, P, K, Ca, Mg e S, e os micronutrientes são B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Co, sendo este último considerado essencial apenas para as leguminosas que mantêm simbiose com organismos fixadores do N atmosférico, GAUCH (26) e MALAVOLTA (36).

A manutenção do equilíbrio nutricional correto para o crescimento e produção de frutíferas é um assunto de grande complexidade e envolve estudos profundos e interdisciplinares. Em plantas cítricas adultas, apesar de pequenas variações existentes entre cultivares segundo SANTOS (62), resultados de pesquisas e observações têm possibilitado a determinação da relação entre os níveis de nutrientes nas folhas e os efeitos que causam nas plantas, Cohen (1976) citado por OGATA (44) e SMITH (65).

Em porta-enxertos cítricos até a fase de repicagem, alguns trabalhos realizados permitem a relação do estado nutricional das plantas com seus crescimentos vegetativos. Os teores dos

principais nutrientes na matéria seca (m.s.) total de limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, quando estes apresentaram máximos crescimentos, podem ser observados nos trabalhos realizados por BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64), que aplicaram níveis crescentes de adubos fosfatados. Nesta fase de crescimento grandes variações podem ocorrer nos teores da maioria dos nutrientes, que são decorrentes das diferentes condições de cultivo, dosagens de fertilizantes e método de aplicação, e outros fatores particulares de cada experimento como por exemplo a disponibilidade de oxigênio para as raízes que, segundo LABANAUSKAS et alii (30), pode afetar a absorção e a translocação de nutrientes.

Apesar de todos os nutrientes essenciais serem de grande importância na nutrição mineral e crescimento das plantas cítricas, nas fertilizações dos substratos a serem utilizados nas sementeiras, maior relevância é dada ao P e ao Ca.

2.1.1. Fósforo

O P ocorre no solo na forma orgânica, como fitinas e seus derivados, ácidos nucleicos e fosfolipídeos; e forma inorgânica em dois grupos: o que contém Ca, e o que contém Fe e Al, BUCKMAN & BRADY (16). Entretanto, a maioria do P existente nos solos não é assimilável pelas plantas, sendo, segundo MALAVOLTA (36), o elemento cuja falta no solo mais freqüentemente limita a produção no Brasil. Segundo este autor, seus teores nos solos ácidos

das regiões tropicais e subtropicais são muito baixos, estando a maior quantidade fixada como fosfatos de Fe e Al. Nos solos de cerrado os teores disponíveis de P são menores que 1 ppm.

O P aplicado no solo através de fertilizantes não se perde por volatilização ou por arrastamento, sendo relativamente estável. Conforme Roy et alii (1976) citados por SILVA (64), apenas 10 a 30% do P adicionado ao solo é utilizado pelas plantas, sendo o restante fixado. A fixação do íon fosfato pelos solos, segundo MALAVOLTA et alii (40), não inutiliza o P para as plantas, torna-se apenas um obstáculo ao seu aproveitamento.

O movimento do P na solução do solo ocorre principalmente por difusão, em resposta ao gradiente entre o P na superfície da raiz e da solução, OLSEN et alii (46). Sua absorção pelas raízes se dá nas formas $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{--} e dentre os fatores que influem neste processo, além do seu teor no solo, estão o pH e a presença de altas concentrações de Mg, elemento com o qual possui relação sinérgica, MALAVOLTA (36) e RIVERO (57).

Ao P é atribuída grande importância no crescimento inicial das plantas, especialmente do sistema radicular. Exerce funções estruturais e de armazenamento e fornecimento de energia, fazendo parte da formação do ATP, síntese de proteínas, metabolismo dos carboidratos, sendo fundamental para os processos de fotossíntese e respiração (12, 22, 36, 38, 57, 65).

Como medida de controle fitossanitário e para evitar a elevada incidência de ervas daninhas, na formação de sementeiras são utilizados fumigantes de solo. A esterilização parcial do so-

lo traz conseqüentemente a eliminação de microorganismos benéficos como os fungos micorrízicos, segundo Kleinschmidt & Gerdman (1972) citados por ARREGUI et alii (8). Estes associam-se às raízes das plantas favorecendo, entre outros aspectos, a absorção de nutrientes, principalmente do P. As plantas cítricas, pela sua baixa quantidade de radículas, são consideradas dependentes das associações micorrízicas e as plântulas que crescem em substratos fumigados apresentam anormalidades no crescimento, PLATT & OPITZ (50) e TIMMER & LEYDEN (72). Pesquisas realizadas com a manipulação e recolonização do solo com fungos micorrízicos competitivos, indicam seu grande potencial para a produção de mudas cítricas, mas até o momento algumas dificuldades vêm impedindo a aplicação prática desta tecnologia. Uma maneira de minimizar os efeitos da ausência destas associações em solos fumigados e com baixa fertilidade natural, é o suprimento em quantidades elevadas de P ao solo, o que vem sendo conseguido com o limoeiro 'Cravo', em trabalhos realizados por BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64).

Os principais fertilizantes fosfatados comerciais são os superfosfatos, os fosfatos de amônio, nitrofosfatos, termofosfatos e os fosfatos naturais, MALAVOLTA (36). Em sementeiras cítricas, os mais utilizados são os superfosfatos, sendo as dosagens recomendadas em literatura bastante variáveis.

Para os solos de baixa fertilidade, TEÓFILO SOBRINHO (69) recomenda 20 gramas de P_2O_5 por m^2 de sementeira, enquanto que para GAMA (25) 4 a 6 gramas são suficientes. Em trabalho realizado por BUENO (17), maior crescimento do limoeiro 'Cravo' em Latossolo Vermelho Escuro foi obtido quando se utilizou 583 ppm

de P, sendo o fertilizante aplicado localizado no sulco de plantio.

Nas aplicações onde o fertilizante é totalmente misturado ao substrato, Bingham et alii (1957) citados por BUENO (17) recomendam dosagens de 450 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato, enquanto AROEIRA (7) indica a utilização de aproximadamente 500 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato. Trabalhando com o limoeiro 'Cravo' em casa de vegetação, NICOLI (43) e SILVA (64) obtiveram respostas das plantas aos seis meses pós-semeadura, até o nível máximo de P aplicado, que para ambos foi de 1280 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato.

2.1.2. Cálcio

O Ca ocorre no solo nas formas de carbonatos, sulfatos, silicatos, matéria orgânica, trocável e solúvel. Nos solos ácidos de regiões tropicais seus teores são muito baixos, MALAVOLTA (36). Nos solos sob cerrado os teores de Ca trocável variam, segundo LOPES (33), de 0,04 a 6,81 meq/100 g com valor mediano de 0,25 meq/100 g.

A absorção do Ca pelas raízes é feita na forma Ca^{++} , e segundo MALAVOLTA (36) não está ainda bem definido se este é um processo ativo ou não. Influem na absorção altas concentrações de K^+ , Mg^{++} e $N-NH_4^+$. O Ca atinge a superfície do sistema radicular, principalmente pelo movimento de seus íons em solução com a água,

MENGEL & KIRKBY (41).

Na planta, a maior proporção do Ca se encontra em formas não solúveis em água, sendo sua redistribuição pelo floema quase nula e os sintomas de carência notados nas brotações novas, BOLWING (14) e MALAVOLTA (36).

O Ca participa de várias reações fisiológicas e metabólicas essenciais para o desenvolvimento das plantas. Dentre as principais funções deste nutriente na planta destaca-se sua atuação como ativador de enzimas, participação na constituição da lamela média como agente cimentante, regulação da permeabilidade da membrana citoplasmática, absorção iônica e atividade nos meristemas e crescimento de raízes. Nas folhas novas, a falta de Ca provoca clorose que evolui da margem para o centro (22, 34, 36, 41, 47).

O Ca pode ser adicionado ao solo na forma de corretivos de acidez como óxidos, carbonatos, hidróxidos e silicatos e de fertilizantes que possuem Ca em sua constituição como os superfosfatos, ARAÚJO et alii (6) e MALAVOLTA et alii (40).

Em plantas cítricas, o Ca é o nutriente que aparece em maiores proporções, AMARAL (3) e RODRIGUEZ (58). Efeitos relevantes do Ca, presente no superfosfato simples, no crescimento inicial do limoeiro 'Cravo' foram verificados por SILVA (64), mas segundo este autor não se tem considerado em separado seus efeitos quando se aplica este fertilizante. Além disto, quando o Ca é aplicado na forma de calcários, não se visa a fertilização mas apenas a correção do pH e do Al^{+++} .

2.2. O Emprego de Adubos Fosfatados

Os superfosfatos são os principais adubos fosfatados utilizados atualmente. Geralmente estes são obtidos pelo tratamento da rocha fosfática moída com ácido sulfúrico, passando desta forma grande proporção do P para a forma primária de fosfato, BUCKMAN & BRADY (16) e THOMAS (70).

O superfosfato simples é uma mistura de fosfato monocálcico com sulfato de cálcio ou gesso na proporção aproximada de 1:2. Além do fosfato monocálcico que é solúvel em água, o superfosfato simples possui ainda pequenas quantidades de fosfato bicálcico que é solúvel em citrato de amônio e fosfato tricálcico ou apatítico no qual o P é insolúvel em água e citrato de amônio. Além do P, este fertilizante possui aproximadamente 28% de CaO e 12% de S, MALAVOLTA (37).

Quando os adubos fosfatados solúveis são aplicados ao solo, o P da solução aumenta, mas a maior parte do P é adsorvida pela fase sólida do solo ou se precipita formando compostos menos solúveis (10, 27, 70). Assim, a produção obtida por unidade de P aplicado, ou eficiência na utilização do adubo, é baixa. Devido ao fato dos adubos fosfatados serem recursos naturais escassos e sem sucedâneos, é de grande interesse a utilização de técnicas que permitam o uso mais eficiente destes insumos.

Os fatores que influenciam na fixação do P adicionado aos solos de baixa fertilidade, na forma de adubos fosfatados, têm sido discutidos por diversos autores. Além das característi-

cas próprias do solo, como tipo de argila predominante, teores de Fe e Al, cátions removíveis, matéria orgânica, umidade e outros, são de extrema importância as características do fertilizante e a maneira pela qual é adicionado ao substrato (10, 37, 46, 75).

Em solos com baixa disponibilidade de P, a aplicação de fertilizantes fosfatados de maneira localizada proporciona menores contatos com o solo, havendo assim menor fixação. Desta maneira aumenta-se a difusão do P na solução para as raízes e tem-se uma maior eficiência na utilização do adubo (10, 27, 32, 73, 79).

Estudos realizados com diversas culturas anuais, indicam a maior eficiência da aplicação de adubos fosfatados solúveis de maneira localizada, em comparação com a aplicação onde o fertilizante entra em contato com maiores quantidades de solo, AMARAL et alii (2), KATYAL (29), PINTO (51) e Randhava & Bhátia (1979) citados por ROY (59). Em todos estes trabalhos citados, comparou-se a eficiência dos métodos de aplicação baseando-se em quantidades iguais de fertilizantes.

Para a produção de mudas de frutíferas, SOUZA (67) afirma que as dosagens de fertilizantes a serem adicionadas ao substrato, devem ser maiores quando estes são totalmente misturados ao solo do que quando localizados no sulco de plantio. Em literatura, observa-se também que as recomendações de adubações em sementeiras cítricas são sempre maiores quando se utiliza o fertilizante incorporado, mas nenhuma referência foi encontrada sobre a eficácia destes métodos em fornecer quantidades adequadas de nutrientes às plantas.

Considerando-se que o P aplicado ao solo não se perde por lixiviação ou por outros processos (27, 31, 40), para a produção de mudas cítricas em sementeiras pode-se aproveitar o efeito residual do adubo com posteriores utilizações do substrato, levando-se em conta este componente. Neste caso, torna-se interessante a utilização de maiores dosagens em aplicação incorporada, pois segundo GOEDERT & SOUZA (27), isto pode proporcionar maiores contatos dos íons com as raízes, havendo aumento na absorção do P e conseqüentemente um maior desenvolvimento da planta.

2.2.1. Efeitos nos Componentes Químicos e Valores de pH do Solo

A adição de doses crescentes de P ao solo proporciona, além da elevação dos teores deste elemento, alterações nas disponibilidades de outros nutrientes e nos valores de pH.

Os efeitos no P disponível depende dos teores iniciais, tipo de argila, textura, umidade e pH do solo, e outros fatores que influenciam a fixação, como a natureza do fertilizante e a maneira com que é adicionado ao substrato, OLSEN et alii (46) e VELAYUTHAM (75). Elevação dos teores de P em pomares cítricos com a adição de doses crescentes de superfosfatos foram descritas por GALLO et alii (24) e SOUZA (66). Este efeito foi também observado em vasos com plântulas de citros e outras frutíferas (17, 42, 43, 45, 64).

Quanto aos demais nutrientes, são descritas elevações nos teores de Ca^{++} (17, 24, 45, 66) e Mg^{++} (24, 43, 64, 66) e diminuições nos teores de K (24, 43, 45, 66) e Al^{+++} (17, 43, 64) com a adição de doses crescentes de adubos fosfatados aos substratos.

Os menores teores de K no substrato de vasos cultivados com o limoeiro 'Cravo' com o aumento das dosagens de superfosfatos foram, segundo NICOLI (43), devidos à maior absorção deste pelas raízes proporcionada pelo maior crescimento das plantas, ou à relação negativa entre o P do fertilizante e o K existente no solo. Entretanto, BUENO (17) observou elevação nos teores de K no solo com o uso de doses crescentes de superfosfato triplo, e atribuiu este fato à menor lixiviação do K aplicado em cobertura proporcionado pelo aumento da CTC do solo, ou à ocupação dos pontos de cargas positivas pelo Ca, liberando o K para a solução do solo, citando afirmações de SANCHEZ (61).

Os efeitos sobre os teores de Al^{+++} podem ser indiretos devido à elevação do pH, ou precipitação deste elemento em formas polimétricas ou com o P, conforme BUCKMAN & BRADY (16).

Os resultados referentes à adição de superfosfatos sobre o pH do solo apresentam controvérsias. Segundo RASMUSSEN & SMITH (56), altas taxas de superfosfato triplo (2.500 ppm) decresceram o pH de 6 para 4. Resultados semelhantes foram observados por Bingham et alii (1958) citados por SPENCER (68), e Smith (1956) citado por RASMUSSEN & SMITH (56). Segundo TIMMER & LEYDEN (71), este efeito acidificante do superfosfato é diminuído com as associações micorrízicas pois são removidos os íons SO_4^{--} do solo, au

mentando a concentração de cátions.

//Elevações no pH do solo com a adição de superfosfatos foram observadas por GALLO et alii (24) e SOUZA (66) em pomares cítricos, e por BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64) na fase inicial de produção das mudas.//

As variações apresentadas nestes resultados devem-se provavelmente à diferenças nas composições dos fertilizantes utilizados, além das condições particulares de solo em cada experimento.

2.2.2. Efeitos nos Teores de Nutrientes na Matéria Seca

*//Além da elevação nos teores de P, tanto na m.s. das folhas de plantas cítricas adultas quanto na m.s. total de plântulas, observadas por diversos autores (17, 19, 60, 64, 66, 81), as aplicações de adubos fosfatados promovem alterações nos processos de absorção e translocação de nutrientes na planta. Estes efeitos dependem da dosagem, tipo de adubo e também de características do solo e da própria planta. //

Em relação ao N Chapman (1951), citado por BINGHAM & MARTIN (11), afirma que a eficiência em sua adubação é reduzida pela excessiva aplicação de P ao solo. Reduções nas concentrações de N nas folhas de diferentes cultivares de laranjeiras, tanto na fase de formação quanto em pomares adultos, foram observadas por Embleton et alii (1956) citados por SOUZA (66), GALLO et alii(24)

e SOUZA (66), com os aumentos nos níveis da adubação fosfatada. //

4/ Efeitos do P diminuindo a concentração de N na m.s. de folhas e na m.s. total de plântulas de diversas espécies de citros na fase inicial de formação e em diferentes condições de cultivo, também foram observados por NICOLI (43), SAITO & YAMAMOTO (60) e SILVA (64). Segundo o último autor, este efeito pode ser devido à correlação negativa entre o P e o N na forma nítrica que ocorre no solo, ou simplesmente efeito de diluição devido ao maior crescimento das plantas. Entretanto, em trabalhos semelhantes aos citados anteriormente, YAMAMOTO & SAITO (81) e BUENO (17) não observaram variações nos teores de N em plântulas de citros, com o aumento das doses de P. //

// Efeitos de doses crescentes de superfosfato simples na redução dos teores de K na m.s. de folhas de laranjeiras e pomeleiros, são citados por GALLO et alii (24), SOUZA (66) e SPENCER (68). Estes efeitos podem ser devidos aos teores de Ca que se elevam no solo, já que ocorre um antagonismo na absorção entre estes nutrientes. Entretanto, SILVA (64) obteve diminuição no teor de K na m.s. total de plantas de limoeiro 'Cravo' aos seis meses pós sementeira, com a elevação dos níveis de P, tanto na forma de superfosfato simples quanto ácido fosfórico puro. //

Efeitos do P diminuindo a concentração de K na m.s. de plantas cítricas em fase inicial de crescimento também foram observados por Bingham et alii (1975) citados por SILVA (64) e por NICOLI (43). Trabalhando com diversos porta-enxertos de citros, BUENO (17) observou efeito quadrático, havendo diminuição nos teores de K na m.s. total das plantas até certo nível, a partir do

qual se observou acréscimos. Isto sugere um efeito de diluição, pois nesta dosagem também foi observado o máximo acúmulo de matéria seca.

// A utilização dos superfosfatos como fonte de P tem contribuído também para a elevação dos teores de Ca na m.s. das folhas de laranjeiras, como foi constatado por GALLO et alii (24) e SOUZA (66). Na fase inicial de crescimento este efeito foi também observado em diversos porta-enxertos, tanto com o uso de superfosfatos, conforme BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64), quanto em soluções nutritivas em cultura de areia, conforme SAITO & YAMAMOTO (60) e YAMAMOTO & SAITO (81). //

Quanto ao Mg, sua concentração em folhas de laranjeiras 'Pera Rio' até três anos pós-plantio, segundo SOUZA (66), aumentou com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, o que, segundo este autor, concorda com os resultados obtidos por Embleton et alii (1956).

// Em plantas cítricas em fase inicial de crescimento, diferentes efeitos foram observados nos teores de Mg, com o aumento das doses de P. Diminuições nestes teores foram observadas por BUENO (17) em diferentes porta-enxertos e tipos de solos, com o aumento de níveis de superfosfato triplo. Efeito inverso foi obtido por SILVA (64) no limoeiro 'Cravo', e por YAMAMOTO & SAITO (81) em Citrus junos, enquanto SAITO & YAMAMOTO (60) e NICOLI (43) não observaram variações em plântulas de tangerineira 'Satsuma' e limoeiro 'Cravo', respectivamente.

// O S está presente no superfosfato simples, e acrésci-

mos nos teores deste nutriente na m.s. total de plantas de limoeiro 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura foram observados por SILVA (64) utilizando doses crescentes daquele fertilizante. Entretanto, aplicações de superfosfato triplo também aumentaram os teores de S na m.s. total do limoeiro 'Cravo' e outros porta-enxertos, em trabalhos realizados por BUENO (17) e NICOLI (43). Segundo BUENO (17), este acréscimo pode estar ligado à presença do P e do Ca no fertilizante, e uma possível atividade microbiana no solo, liberando S para as plantas.

Muitos estudos e observações indicam que o P pode interagir com micronutrientes no solo e na planta. Segundo OLSEN et alii (46), isto ocorre mais freqüentemente em solos alcalinos ou calcários, onde o alto pH reduz a disponibilidade de Cu, Fe e Zn principalmente.

Diminuição nos teores de B na m.s. de folhas de 6 meses, obtidas do surto primaveril de pomeleiro adulto, foi observada por SPENCER (68) quando se aplicou superfosfato. Em plantas de limoeiro 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64), também observaram este efeito, quando o P foi aplicado em doses crescentes e de diferentes formas.

Deficiências de Cu com a aplicação de fertilizantes fosfatados foram observadas por SPENCER (68) em pomeleiros e por BINGHAM & MARTIN (11) em limoeiros 'Eureka' e 'Lisboa'.

Cultivando laranjeira 'Azeda' em vasos, TIMMER & LEYDEN (72) observaram que em plantas não micorrizadas a adição de P aumentou o crescimento, mas induziu sintomas de deficiência de Cu

e reduziu sua concentração nas folhas. Este mesmo efeito foi observado com menos intensidade em plantas micorrizadas e, segundo aquele autor, o P induz deficiência de Cu por estimular o crescimento, até o Cu tornar-se limitante como nutriente. Diminuições nos teores de Cu na m.s. de outros porta-enxertos de citros em fase de crescimento inicial com o aumento de doses de P, foram também observadas por BINGHAM & MARTIN (11), BUENO (17) e NICOLI (43).

Quanto ao Mn, SPENCER (68) menciona elevações nos teores foliares de pomeleiros adultos com a aplicação de superfosfato. Em plantas cítricas em fase inicial de crescimento, resultados inversos foram observados por Bingham & Garber (1960) citados por OLSEN et alii (46), quando se aumentou o nível de P de 50 para 450 ppm. Menores teores de Mn na m.s. total de limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, foram também observados por NICOLI (43) e SILVA (64) com o aumento de níveis de P. Trabalhando com outros porta-enxertos, além do limoeiro 'Cravo', BUENO (17) observou efeito semelhante, mas a diminuição nos teores de Mn ocorreu somente até a dosagem de 560 ppm de P, a partir da qual houve tendência a aumentar.

A adição de doses elevadas de P diminuiu a concentração de Zn em folhas de pomeleiros, segundo SPENCER (68), e de limoeiros 'Eureka' e 'Lisboa', de acordo com BINGHAM & MARTIN (11). Na fase inicial de produção de mudas, menores teores de Zn foram observados em diferentes porta-enxertos cítricos (11, 17, 43, 64) e as possíveis causas deste efeito nas plantas são discutidas por OLSEN et alii (46). Segundo estes autores, a relação Zn-P pode ser: 1) Interação no solo, formando $Zn_3(PO_4)_2$ insolúvel e reduzin

do a concentração de Zn na solução; 2) Efeito na translocação do Zn dentro da planta; 3) Efeito de diluição, pois a absorção do Zn não aumenta tanto quanto o crescimento da planta; 4) Desordem metabólica causada por excesso de concentração de P, que interfere na função do Zn em certos locais da célula. //

2.2.3. Efeitos no Crescimento Vegetativo

// A resposta das plantas cítricas à adição de adubos fosfatados depende de diversos fatores, como variedade, idade da planta, clima, e principalmente dos teores iniciais de P no solo. Segundo SMITH (65), quando o P do solo está acima do nível que é considerado deficiente, sua adição por meio de adubos não causa efeitos diretos no crescimento vegetativo. Assim, os maiores crescimentos observados pela pesquisa, com a adição de P acima destes níveis, se devem provavelmente aos efeitos indiretos nas características químicas do solo e aos efeitos de outros nutrientes presentes nos fertilizantes utilizados.

Trabalhando com laranjeira 'Pera Rio' em solo de cerrado, SOUZA (66) observou respostas ao superfosfato simples para todas as características de crescimento da parte aérea, avaliadas até aproximadamente 3 anos após o plantio.

Apesar de ter observado maiores crescimentos em pomeleiros com a adição de superfosfato triplo, SPENCER (68) afirma que altas dosagens deste fertilizante causaram redução na concen-

tração de raízes absorventes, principalmente na camada superficial do solo, após 5 anos do plantio. Este efeito tóxico do íon PO_4^{---} foi também observado por RASMUSSEN & SMITH (56), em laranja 'Abacaxi' cultivada em vasos. Segundo estes autores, este efeito ocorre somente na fase aquosa, podendo causar a morte das plântulas, mas se perde gradualmente uma semana após o adubo ser misturado ao solo.

//Efeitos positivos de doses crescentes de P, no crescimento inicial de diferentes variedades de citros em diferentes condições de cultivo, foram observados por diversos autores (17, 43, 60, 81). Em todos estes trabalhos foram obtidas respostas tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, mas BUENO (17) observou acréscimos no crescimento somente até o nível de 583 ppm de P, a partir do qual causou efeito depressivo. Segundo esta autora, este efeito depressivo de altas dosagens de P pode ser devido a distúrbios metabólicos, pois segundo MALAVOLTA (36) a absorção excessiva do P provoca um desbalanço na absorção de outros nutrientes.//

//Estudo realizado por SILVA (64) visando determinar os efeitos do superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento inicial do limoeiro 'Cravo', aponta respostas das plantas até 1.280 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato, que foi o nível máximo aplicado. Segundo este autor, 36% do acréscimo no peso da m.s. total das plantas foi devido ao P, 15% ao Ca e 11% ao S.//

2.3. O Emprego de Calcários

A baixa produtividade das plantas em solos ácidos como os de cerrado, tem como principais fatores responsáveis a toxidez causada pelos íons Al^{+++} e H^+ e a baixa saturação de bases, principalmente Ca, além da alta fixação de P. A elevação do pH pelo emprego de corretivos de acidez, além do efeito direto na vida microbiana e da planta, influencia positivamente ou negativamente a disponibilidade dos elementos do solo que estejam contidos na fração mineral e orgânica (39, 47, 78).

Os materiais que podem ser utilizados na correção da acidez dos solos são aqueles que contêm, como "constituintes neutralizantes", carbonatos e silicatos de Ca e Mg. Na prática, os produtos mais usados são os calcários, que de acordo com o teor de Mg podem ser classificados em altamente calcíticos, quando o teor de óxido de magnésio (MgO) não excede 2,5%; magnesianos, quando possuem de 2,5 a 10,0% e dolomítico quando este teor é maior que 10%, BOYNTON (15). Estes materiais são obtidos pela moagem da rocha calcária simplesmente, ou de seguida queima parcial que transforma parte do CaCO_3 e MgCO_3 em óxidos obtendo-se o chamado calcário calcinado, ALCARDE (1) e MALAVOLTA (36).

Um aspecto de grande importância na qualidade de um calcário e que reflete sua capacidade potencial de neutralização da acidez do solo, é o poder relativo de neutralização total (PRNT). Segundo ALCARDE (1), o PRNT de um calcário depende de seu poder neutralizante (PN), que é obtido pela comparação deste com

o CaCO_3 puro, tomado como PN igual a 100, e de sua eficiência relativa (ER), que depende de sua granulometria.

Para a maior eficiência nas aplicações de calcários, as recomendações em literatura indicam a incorporação destes corretivos. Desta maneira, ocorre maior contato com as partículas do solo, facilitando as reações de neutralização do íon H^+ , pelas bases CO_3^{--} , liberadas dos carbonatos pela água do solo (16, 33, 39, 48, 54, 55, 79).

2.3.1. Efeitos nos Componentes Químicos e Valores de pH do Solo

O estudo do efeito da calagem sobre o pH e a disponibilidade dos nutrientes em solos ácidos tem sido o objetivo de diversos experimentos, segundo VIEITEZ et alii (77). Estes mesmos autores, utilizando 4 doses crescentes de calcário em solo com pH inicial 4.61, observaram após período de incubação aumento do pH e nas disponibilidades de Ca^{++} e Mg^{++} , e diminuições nos teores disponíveis de P, Mn e de K e Al^{+++} solúveis.

Análises realizadas em substratos utilizados em experimentos com adição de calcários ou carbonato de cálcio puro (CaCO_3), demonstram que mesmo após o cultivo de mudas cítricas e de outras espécies, ocorreram os mesmos resultados descritos anteriormente em relação ao pH (9, 18, 42, 45, 64, 80), Ca^{++} (24, 28, 42, 45, 64, 80), Mg^{++} (45, 64), K (64), Mn (53) e Al^{+++} (45, 64).

Em relação ao P, BUCKMAN & BRADY (16) e QUAGGIO (52) a

firmam que sua disponibilidade aumenta com a adição de calcário ao solo. Entretanto, CHANDRA et alii (18) observaram que a adição de altas dosagens de carbonato de cálcio em vasos com plantas de limoeiro 'Rugoso', diminuiu o P disponível no substrato devido à adsorção e formação de vários complexos estáveis. Segundo ANJOS (5) e OLSEN et alii (46), pode ocorrer tanto um aumento como uma diminuição do P assimilável com a variação do pH, e esta relação depende do solo em questão. A não alteração nos teores de P no substrato com a aplicação de doses crescentes de CaCO_3 , observada no trabalho realizado por SILVA (64) foi, segundo este autor, devida à natureza do material formador do substrato utilizado, que possuía baixo nível deste nutriente. Resultado semelhante foi obtido por OLIVEIRA (45) aplicando calcário dolomítico em substrato proveniente de solo sob vegetação de cerrado.

As respostas no aumento de Ca^{++} e Mg^{++} se devem à presença destes nutrientes nos calcários utilizados ou aos efeitos indiretos do pH. Quanto ao Al^{+++} , segundo MALAVOLTA (36), ocorre precipitação da forma $\text{Al}(\text{OH})_3$, resultante da combinação do íon Al^{+++} com as hidroxilas liberadas dos carbonatos provenientes do calcário, quando em reação com a água do solo. Os efeitos sobre o pH resultam da eliminação da acidez potencial, pela precipitação do Al^{+++} , e da eliminação dos íons H^+ pelas bases CO_3^{--} liberadas dos carbonatos.

2.3.2. Efeitos nos Teores de Nutrientes na Matéria Seca

Os efeitos das aplicações de calcários nas concentrações de nutrientes na m.s. das plantas são conseqüências dos efeitos causados no solo, que influenciam a absorção de nutrientes e o crescimento vegetativo.

Para certas espécies vegetais ocorre uma influência negativa do Ca na absorção de nitratos, MALAVOLTA et alii (40). Menores teores foliares de N em pomeleiros foram observados por SPENCER (68) com a aplicação de altas doses de calcário no solo. SILVA (64) observou o mesmo efeito na m.s. total de plantas de limoeiro 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, utilizando CaCO_3 puro.

Em relação ao P, SPENCER (68) observou acréscimos em seus teores nas folhas de pomeleiros com o aumento das doses de calcário. Efeito inverso foi constatado na m.s. de raízes de caqueiros por MORAIS et alii (42) e em plântulas de limoeiro 'Rugoso' por CHANDRA et alii (18), enquanto nenhum efeito foi observado por SILVA (64) em plantas de limoeiro 'Cravo' quando se aplicou níveis crescentes de CaCO_3 no substrato, concordando com os resultados obtidos em outras espécies por DELL et alii (21) e OLIVEIRA (45).

As aplicações de doses elevadas de Ca provocam diminuições nos teores de K na m.s. de folhas de plantas cítricas, segundo Spencer & Koo (1962) citados por SILVA (64). Entretanto, este último autor observou efeito inverso na m.s. total de limoeiros

'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, com a adição de CaCO_3 puro ao substrato. A influência do Ca na absorção do K e de outros nutrientes é denominada "Efeito Vietz", MALAVOLTA (36). Segundo esta teoria, é necessária certa quantidade de Ca para ocorrer a absorção do K, mas a partir de certos níveis pode ocorrer inibição.

Diminuição no teor de K na m.s. de plântulas de mamoeiro foi observada por OLIVEIRA (45) utilizando níveis crescentes de calcário dolomítico, atribuindo este efeito à inibição competitiva do Ca^{++} e Mg^{++} com o K, conforme citado por Malavolta(1980).

Elevações nos teores de Ca na m.s. de folhas ou total, com a adição de calcários ou CaCO_3 puro aos substratos, foram observadas por SPENCER (68) em pomeleiros adultos, e em cacauzeiros e limoeiros 'Cravo' em vasos por MORAIS et alii (42) e SILVA (64) respectivamente. Entretanto, segundo OLIVEIRA (45) e SPENCER (68), o calcário foi menos eficiente em aumentar o Ca na m.s. das plantas que o superfosfato simples e o superfosfato triplo.

Maiores teores de Mg foram observados em plântulas de mamoeiros por OLIVEIRA (45), utilizando calcário dolomítico, e em limoeiros 'Cravo' por SILVA (64), aplicando CaCO_3 puro.

Em relação aos micronutrientes, os efeitos da elevação do pH pela aplicação de calcários e CaCO_3 puro, provocando menores concentrações nos teores destes na m.s. de diferentes espécies de plantas são relatados por diversos autores (9, 21, 42, 64, 53, 68).

2.3.3. Efeitos no Crescimento Vegetativo

Os efeitos indiretos na elevação do pH nas disponibilidades de alguns nutrientes são de grande importância no crescimento das plantas. Além disto, promove a redução nos níveis de elementos que em altas concentrações no solo podem ser tóxicos às plantas, como o Al^{+++} . Este, segundo Clarkson (1969) e Klimashevskii & Dedov (1976) citados por DELL et alii (21), interfere no crescimento das raízes impedindo a divisão e alongação celular, além da inibição na absorção de alguns nutrientes.

Além dos efeitos citados acima, o uso de corretivos, de acordo com PAVAN (47), tem sido relevante pela ação do Ca como nutriente, principalmente em solos ácidos das regiões de cerrado. Segundo este mesmo autor, resultados de pesquisas demonstram que a limitada penetração de raízes nas camadas inferiores de latossolos da região central do Brasil, é decorrente mais da falta de Ca que da toxidez causada pelo Al^{+++} .

A aplicação de calcário em superfície e profundidade aumentou o crescimento de raízes principais e laterais de plântulas de noqueira pecan em vasos, segundo WHITE JR. (80), devido principalmente à elevação do pH, já que esta espécie possui como importante fator limitante a acidez do solo.

Resultados positivos na produção de biomassa de plântulas de cacaueiros foram também observados por MORAIS et alii (42) com a adição de calcário, em condições iniciais de alta saturação de Al^{+++} no substrato. Em plântulas de limoeiro 'Cravo' aos seis meses pós semeadura, SILVA (64) obteve acréscimos na altura de

planta e peso da m.s. total das plantas com a adição de CaCO_3 puro. Entretanto, segundo os autores citados, estes efeitos somente foram observados até determinados níveis, a partir dos quais ocorreram efeitos depressivos, devido principalmente à reduções na absorção de micronutrientes como Fe e Zn. Diminuição na absorção deste último nutriente foi, segundo DELL et alii (21), responsável por grande parte das anormalidades provocadas no crescimento da parte aérea e de raízes de diferentes espécies de eucalipto, quando altas taxas de calcário foram aplicadas ao substrato.

A tolerância de diversos porta-enxertos cítricos a diferentes níveis de CaCO_3 foi estudada por ASO (9). Utilizando escala de pontos baseada nos sintomas de deficiência de Fe, este autor observou que, dentre os porta-enxertos estudados, a laranjeira 'Azeda' foi o mais tolerante, seguido dos limoeiros 'Rugoso', 'Cravo', tangerineira 'Cleopatra' e limoeiro 'Trifoliata'.

As recomendações de dosagens para produtos que contêm óxidos e hidróxidos, como é o caso do calcário calcinado, devem ser feitas com cuidado, devido à reação rápida e altamente cáustica destes, ALCARDE (1). Em casos de altas concentrações pode ocorrer retardamento no crescimento e até morte das plantas, segundo este mesmo autor.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de julho de 1985 a janeiro de 1986 no Setor de Fruticultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Estado de Minas Gerais. Lavras está situada 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: Plantas

As plantas utilizadas foram formadas a partir de sementes de limoeiro (Citrus limonia Osbeck cv. Grape), obtidas de frutos maduros oriundos de plantas apropriadas para matrizes, cultivadas no pomar da ESAL.

3.1.2. Substrato

O substrato foi constituído por material de duas camadas de um solo não cultivado anteriormente, uma de 0-15 cm e outra de 15-30 cm de profundidade. Coletou-se amostras representativas destas camadas para as determinações e análises física e química, cujos resultados encontram-se nos Quadros 1 e 2. Para P, K, Ca^{++} e Mg^{++} , os teores são considerados baixos segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (20). Este solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro textura muito argiloso, fase cerrado^(a).

QUADRO 1 - Valores de alguns componentes físicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletados em duas profundidades - ESAL, Lavras, 1985.

Profundidade cm	Areia %	Limo %	Argila %	Densidade de partícula	Classe textural
0-15	29,2	9,8	61,0	2,66	Muito argi
15-30	26,3	7,7	66,0	2,53	loso

Determinações realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

(a) Indicação e classificação do tipo de solo feita pelo Prof. Nilton Curi do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

QUADRO 2 - Valores de alguns componentes químicos determinados nas amostras do material superficial do solo, coletadas em duas profundidades. ESAL, Lavras, 1985.

Profundidade	P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	M.O.	C	pH
cm	ppm	ppm	— mE/100	cm ³	—	%	%	
0-15	2	20	0,3	0,2	0,5	2,65	1,54	5,0
15-30	2	11	0,3	0,0	0,4	1,89	1,10	5,2

Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

3.1.3. Fertilizantes

Como fertilizantes foram utilizados o superfosfato simples (SS) com cerca de 17,0% de P_2O_5 solúvel em água, 27,0% de CaO e 12,0% de S; e um calcário dolomítico calcinado (CD) com poder relativo de neutralização total (PRNT) igual a 91,1% e com cerca de 40,9% de CaO e 16,5% de $MgO^{(a)}$. O nitrato de potássio (KNO_3) foi utilizado como fonte de N, sendo aplicado em cobertura em todos os tratamentos.

(a) Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento Experimental

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial com fatores hierárquicos, sendo 2 métodos de aplicação de 2 fertilizantes em 4 níveis cada, em três repetições. Para o acompanhamento dos resultados foi estabelecido um tratamento adicional ou testemunha que não recebeu fertilização. Foram 17 tratamentos por repetição, totalizando 51 parcelas.

As dosagens de superfosfato simples na aplicação incorporada (In) correspondentes aos quatro níveis foram: 474,7, 949,4, 1.898,8 e 3.797,6 gramas por parcela. A segunda dosagem foi determinada de acordo com os níveis de melhores resultados obtidos nos trabalhos realizados por NICOLI (43) e SILVA (64); as demais dosagens corresponderam à metade, o dobro, e o quádruplo daquela, em metodologia semelhante à utilizada por BUENO (17), NICOLI (43), OLIVEIRA (45), SILVA (64) e SOUZA (66). Na aplicação localizada (Lo), as dosagens correspondentes aos quatro níveis de superfosfato simples foram: 142,1, 248,2, 568,4 e 1.136,8 gramas por parcela. Estas foram obtidas de maneira análoga à aplicação incorporada, sendo baseadas nos melhores resultados obtidos por BUENO (17).

As dosagens de calcário dolomítico foram calculadas de maneira a fornecerem as mesmas quantidades em gramas do óxido de

cálcio (CaO) encontrado nas dosagens de superfosfato simples, no método de aplicação correspondente. Foram utilizadas as dosagens de 313,0, 626,0, 1.252,0 e 2.504,0 gramas de calcário dolomítico por parcela na aplicação incorporada e 93,7, 187,4, 374,8 e 749,6 gramas de calcário dolomítico por parcela na aplicação localizada.

As parcelas tiveram $0,42 \text{ m}^2$ ($1,05 \times 0,40 \text{ m}$) e nestas as sementes foram colocadas em fileiras espaçadas de 15 cm, totalizando 7 fileiras por parcela. Para evitar as influências externas e entre os tratamentos, foram utilizadas bordaduras nas parcelas, constituindo-se das fileiras laterais e de 10 cm das extremidades das fileiras.

3.2.2. Instalação e Condução do Experimento

Para a instalação do experimento foram abertas no solo duas valetas paralelas, nas dimensões de $10,00 \times 1,05 \times 0,20 \text{ m}$ e $10,40 \times 1,05 \times 0,20 \text{ m}$. Nestas valetas foi colocado o substrato utilizado em duas camadas: 0-15 e 15-30, conforme suas disposições originais no terreno onde foram coletadas. Estas camadas foram previamente peneiradas e tratadas com brometo de metila na dosagem de $150 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ de solo durante 48 horas, conforme VANACHTER (74). Foram utilizados tijolos para completar a altura de 30 cm e lonas plásticas separando as parcelas com o objetivo de evitar interferências entre os tratamentos.

A aplicação dos fertilizantes pelo método incorporado foi feita com o auxílio de uma lona plástica, para proporcionar total homogeneização entre o fertilizante e o substrato. A aplicação localizada consistiu em se colocar o fertilizante no sulco de plantio, abaixo das sementes.

Foram utilizados 10 gramas de sementes por metro linear sendo estas tratadas previamente com Pentacloronitrobenzeno (PCNB) na razão de 2 g/l de sementes. Após a semeadura os tratamentos foram protegidos com um telado de nylon (50% de sombreamento) a uma altura de 20 cm. Este telado foi retirado após a completa germinação das sementes, quando foi feito um desbaste deixando-se 20 plantas por fileira, totalizando 140 plantas por parcela. A partir de então, foi aplicada mensalmente solução de nitrato de potássio a 0,2% utilizando-se 250 cm^3 /parcela, conforme realizado por BUENO (17).

A umidade do solo foi mantida a 50% do volume total de poros (VTP) por meio de irrigações manuais diárias. O cálculo do VTP foi efetuado de acordo com os resultados da análise física do solo.

Para o acompanhamento da temperatura do substrato, foi utilizado termômetro de solo, fazendo-se duas observações diárias, sendo a 1ª às 9:00 hs e a 2ª às 16:00 hs.

O controle de ervas daninhas foi realizado quando necessário, através do arranquio manual. Para o controle e prevenção de fungos causadores de "tombamento de plantas", foram aplicadas alternadamente a cada 20 dias soluções à base de Iprodione

(2 g/l de água) e PCNB (0,1%), utilizando-se 2 litros por parcela. Com relação à ocorrência de insetos, foi verificado ataque de Grillus assimilis, ou "grilo preto", caracterizado pelo corte do caule pouco acima do colum, sendo este controlado com o uso de iscas tóxicas conforme recomendação de GALLO et alii (23).

3.2.3. Avaliações

Aos quatro meses pós-semeadura foram tomadas medidas das alturas de plantas com régua milimétrica, partindo-se do colum até a gema apical. Para isto, foram realizadas amostragens na área útil, medindo-se 10 plantas vizinhas à reta diagonal entre cantos opostos da parcela.

Aos seis meses pós-semeadura, destruiu-se os canteiros de modo que o perfil de cada unidade experimental ficasse à mostra, sendo retiradas 25 plantas da área útil, tomando o cuidado para evitar perdas do sistema radicular. Durante esta etapa, foram coletadas amostras de solo sendo uma por parcela, retirando-se uma fatia uniforme ao longo do perfil. Estas amostras foram levadas para o laboratório onde foram determinados os teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} e pH utilizando metodologia descrita por VETTORI (76).

As plantas de cada parcela foram lavadas separadamente, retirando-se todos os resíduos de solo e enxaguadas com água destilada. Foram tomadas medidas de alturas de plantas e compri-

mentos de raízes partindo-se do colum até as extremidades destas. Com o auxílio de uma tesoura de poda foi feita a separação da parte aérea do sistema radicular, sendo estes colocados em estufa com circulação forçada de ar a 70°C até atingirem peso constante. Foram anotados os pesos de m.s. da parte aérea e raízes e em seguida o material foi triturado e levado ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da ESAL, para determinação dos teores de nutrientes.

O N foi determinado pelo método Kjeldhal; o P por colorimetria com molibdato e vanadato de amônio; o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Cu, 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 & HAGG (63).

Os dados de altura média de plantas e comprimento médio de raízes foram expressos em cm, e os pesos de m.s. da parte aérea, raízes e total em gramas por planta. Os resultados referentes aos teores de macronutrientes na m.s. total das plantas foram apresentados em percentagem, e os de micronutrientes em parte por milhão (ppm).

3.2.4. Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram baseados nos modelos recomendados para o delineamento experimental utilizado.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se os níveis de significância de 1% e 5% para o teste de F.

Os resultados para as características cujas médias referentes aos níveis apresentaram diferenças entre si foram submetidos à análise de regressão. As equações de regressão foram selecionadas baseando-se na significância de seus coeficientes, pelo teste de F, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS

4.1. Componentes Químicos e Valores de pH Determinados nas Amostras do Substrato aos Seis Meses Pós-Semeadura

Os resultados referentes aos níveis de SS e CD em cada método de aplicação, para os teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} e valores de pH, encontram-se no Quadro 3.

Para os teores de P, as médias tenderam a crescer com o aumento dos níveis de SS, nos dois métodos de aplicação. As equações de regressão encontram-se na Figura 1, sendo ambas de natureza linear. De acordo com as equações, espera-se acréscimos de 19,93 e 12,74 ppm nos teores de P no substrato, para cada aumento de 100 g de SS por parcela em aplicação incorporada e localizada, respectivamente. Para o CD não houve diferenças entre os níveis, ficando estes bem próximos do valor obtido no tratamento que não recebeu fertilizante.

Para o K, somente em relação ao CD em aplicação incorporada foi observada diferença entre as médias, que tenderam a

crescer com o aumento dos níveis. A equação de regressão para os teores de K nas amostras do substrato em função dos níveis de CD em aplicação incorporada encontram-se na Figura 2, esperando-se a créscimos lineares de 0,41 ppm de K para cada aumento de 100 g de CD por parcela.

Em relação aos teores de Ca^{++} , observa-se para o SS nos dois métodos de aplicação e para o CD em aplicação incorporada uma tendência a maiores valores nos maiores níveis. Esta tendência ocorreu também para o CD em aplicação localizada, apesar de não ter sido observada diferença significativa entre as médias. Observa-se também que todos os tratamentos proporcionaram teores de Ca^{++} maiores que o obtido no tratamento não adubado. As equações de regressão para os teores de Ca^{++} nas amostras do substrato em função dos níveis de SS nos dois métodos de aplicação e para o CD em aplicação incorporada encontram-se na Figura 3. Todas as equações apresentam natureza linear, esperando-se acréscimos de 0,30 e 0,42 mE/100 cm³ de solo nos teores de Ca^{++} , para cada aumento de 100 g de SS por parcela em aplicação incorporada e localizada, respectivamente e 0,25 mE/100 cm³ de solo nos teores de Ca^{++} para cada aumento de 100 g de CD por parcela em aplicação incorporada.

As médias referentes aos níveis para os teores de Mg^{++} , nas amostras do substrato, somente apresentaram diferenças com o uso do CD, tendo na aplicação incorporada ocorrido tendência a aumentos crescentes e na localizada apenas no maior nível. As equações de regressão encontram-se na Figura 4, apresentando ambas na natureza linear. Segundo as equações espera-se acréscimos de 0,02

e 0,21 mE/100 cm³ de solo nos teores de Mg⁺⁺ no substrato, para cada aumento de 100 g de CD por parcela em aplicação incorporada e localizada, respectivamente.

Para o SS, apesar dos teores de Mg⁺⁺ não terem apresentado diferenças entre os níveis, observa-se uma tendência a apresentarem maiores valores que o obtido no tratamento não adubado, principalmente na aplicação incorporada.

Quanto aos teores de Al⁺⁺⁺, não houve diferença entre os níveis somente para o CD em aplicação incorporada, mas o valor obtido no nível 1 já foi bem menor que o apresentado pelo tratamento não adubado. Os teores de Al⁺⁺⁺ tenderam a diminuir até o nível 4 para o SS em aplicação incorporada e até o nível mais alto para o SS e o CD em aplicação localizada. As equações de regressão para os teores de Al⁺⁺⁺ nas amostras do substrato em função dos níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação localizada encontram-se na Figura 5. Para o SS em aplicação incorporada a equação apresenta natureza quadrática, passando por ponto de mínimo no nível correspondente a 2.857 g de SS por parcela, enquanto na localizada espera-se decréscimos lineares de 0,02 mE/100 cm³ de solo nos teores de Al⁺⁺⁺ para cada aumento de 100 g de SS por parcela. Para o CD em aplicação localizada a equação apresenta natureza linear, esperando-se decréscimos de 0,01 mE/100 cm³ de Al⁺⁺⁺ no substrato, para cada aumento de 100 g de CD por parcela:

Em relação aos valores de pH, houve tendência a acréscimos nas médias com o aumento dos níveis de SS e CD nos dois métodos de aplicação, mas estas somente diferiram significativamente

te entre si quando se aplicou o CD. As equações de regressão para os valores de pH em relação aos níveis de CD nos dois métodos de aplicação encontram-se na Figura 6. Segundo as equações, espera-se acréscimos de 0,07 e 0,79 unidades nos valores de pH no substrato para cada aumento de 100 g de CD por parcela, em aplicação incorporada e localizada, respectivamente.

QUADRO 3 - Médias por níveis de superfosfato simples e de calcário dolomítico em cada método de aplicação, para os teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} e valores de pH, determinados nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986.

Fertilizante	Método de aplicação	Nível	P ppm	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ mE/100	Al ⁺⁺⁺ cm ³	pH
SS	In	1	27,33 c	10,33a	1,30 c	0,27a	0,27a	4,90a
		2	51,33 c	8,33a	1,97 c	0,47a	0,17ab	5,03a
		4	250,00 b	9,33a	4,40 b	0,43a	0,10 b	5,13a
		8	600,00a	10,00a	11,17a	0,50a	0,10 b	5,22a
SS	Lo	1	16,00 b	8,33a	0,83 b	0,30a	0,37a	4,87a
		2	24,67 b	11,52a	1,40 b	0,20a	0,27ab	5,00a
		4	50,67ab	8,33a	2,17 b	0,53a	0,20 bc	5,03a
		8	140,00a	8,48a	5,07a	0,20a	0,10 c	5,03a
CD	In	1	1,00a	13,67 b	1,90 b	1,20 b	0,10a	6,30 d
		2	1,00a	16,33ab	3,03ab	1,70ab	0,07a	6,87 c
		4	1,00a	15,67ab	3,87ab	1,50ab	0,00a	7,53 b
		8	2,00a	18,67a	4,33a	1,83a	0,00a	8,03a
CD	Lo	1	1,67a	10,33a	0,87a	0,43 b	0,20a	5,07 b
		2	1,00a	9,67a	1,00a	0,50 b	0,13ab	5,50 b
		4	1,33a	10,67a	1,77a	0,97 b	0,07 bc	6,27a
		8	1,33a	10,33a	2,50a	1,89a	0,00 c	6,37a
Testemunha			1,00	10,67	0,37	0,17	0,53	4,73

Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para cada fertilizante em um mesmo método de aplicação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

$$\text{In } Y = -87,0724 + 85,1304 x \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Lo } Y = -10,0579 + 18,1043 x \quad R^2 = 0,97$$

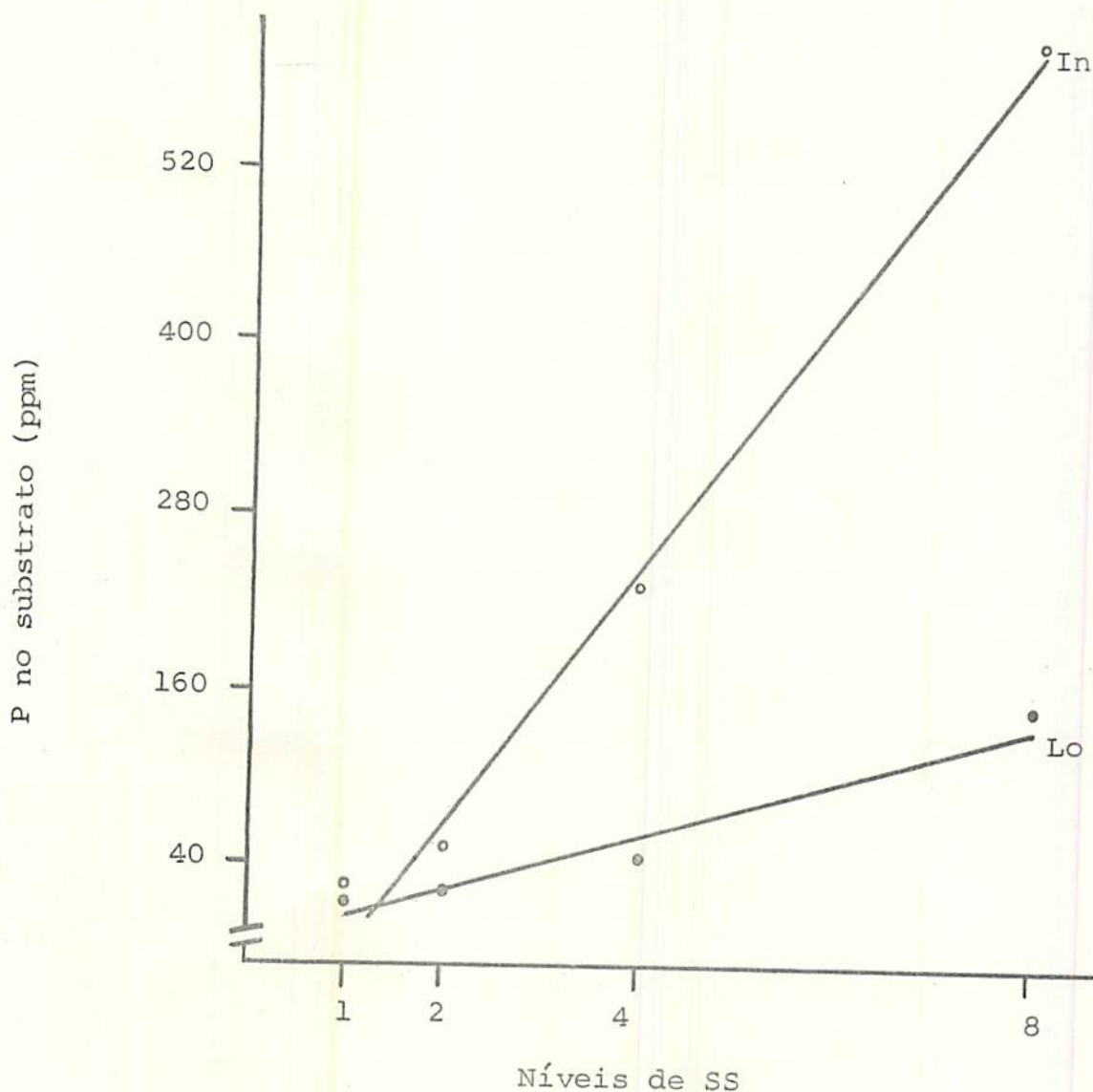


FIGURA 1 - Equações de regressão para os teores de P nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de SS em aplicação incorporada e localizada.

$$Y = 13,8550 + 0,5942 x \quad R^2 = 0,74$$

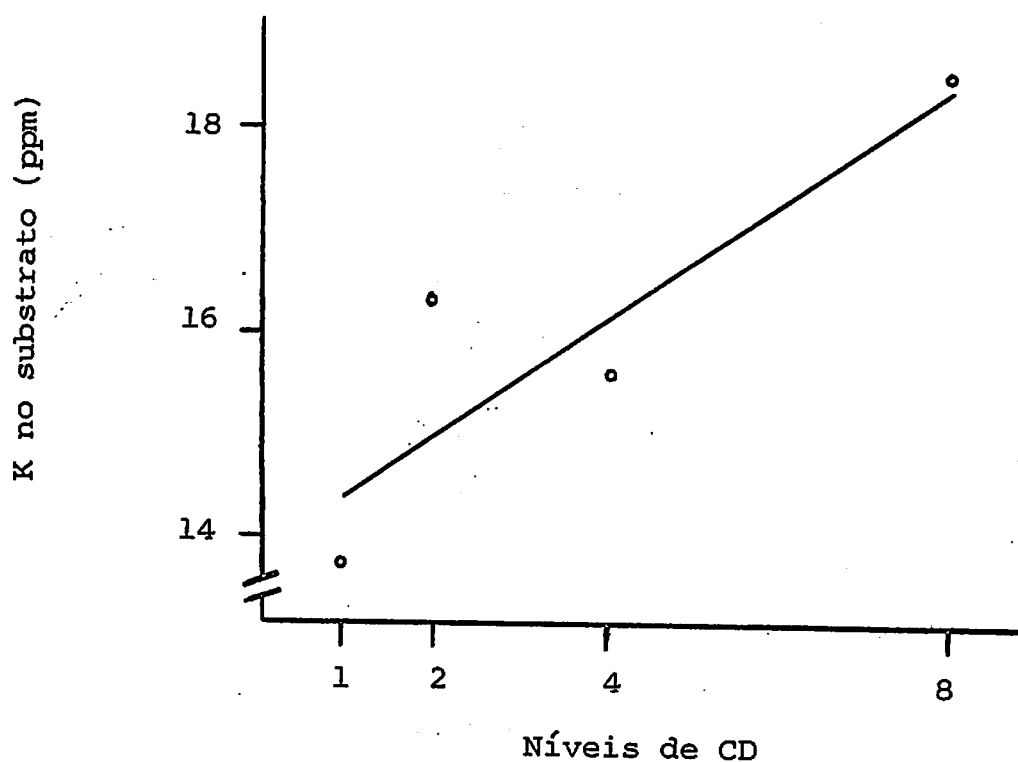


FIGURA 2 - Equação de regressão para os teores de K nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de CD em aplicação incorporada.

$$\text{SS-In} \quad Y = -0,7111 + 1,4449 x \quad R^2 = 0,98$$

$$\text{SS-Lo} \quad Y = 0,1057 + 0,6028 x \quad R^2 = 0,98$$

$$\text{CD-In} \quad Y = 2,1289 + 0,3078 x \quad R^2 = 0,79$$

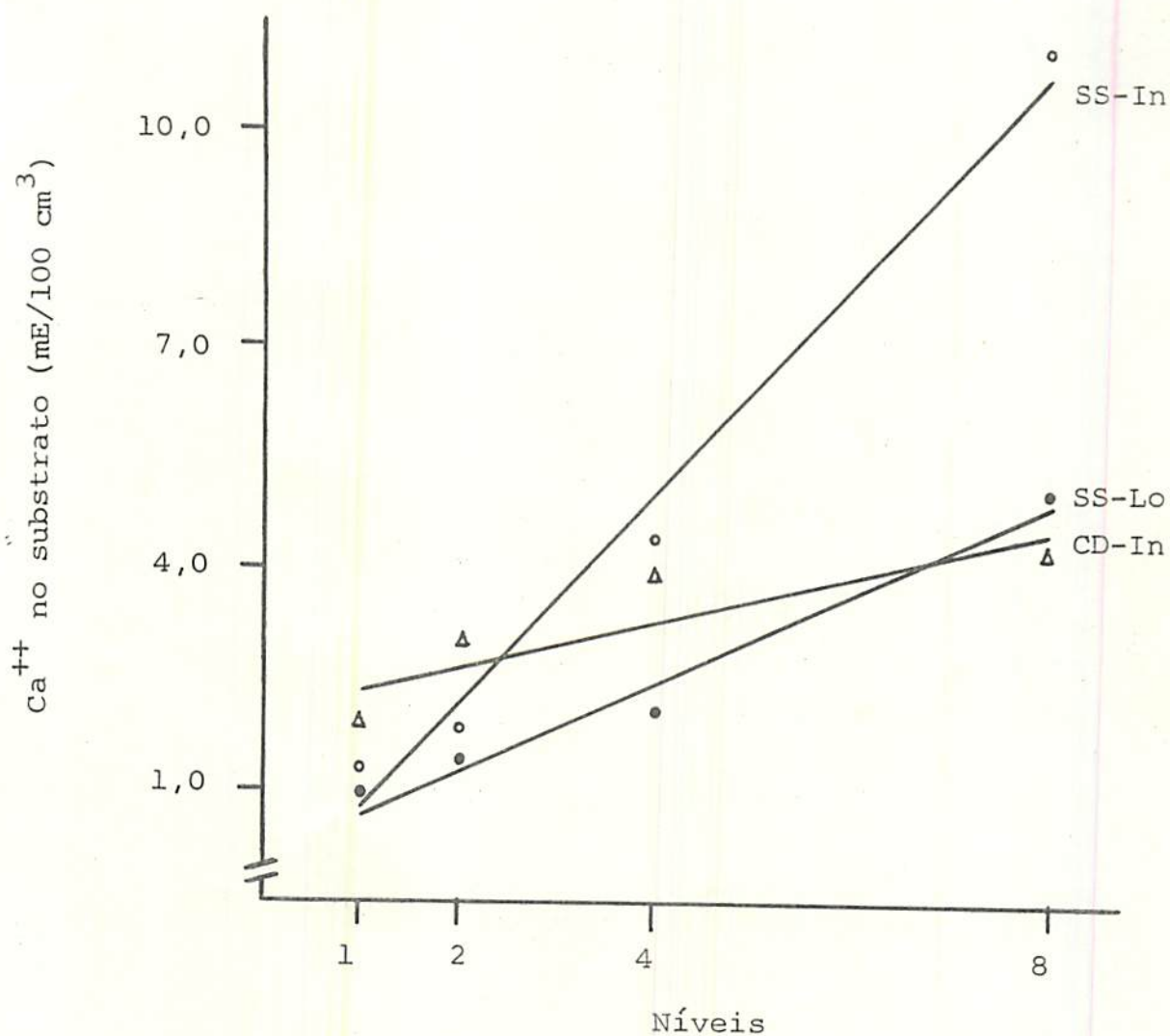


FIGURA 3 - Equações de regressão para os teores de Ca^{++} nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação incorporada.

In	$Y = 1,2736 + 0,0757 x$	$R^2 = 0,73$
Lo	$Y = 0,1652 + 0,2026 x$	$R^2 = 0,99$

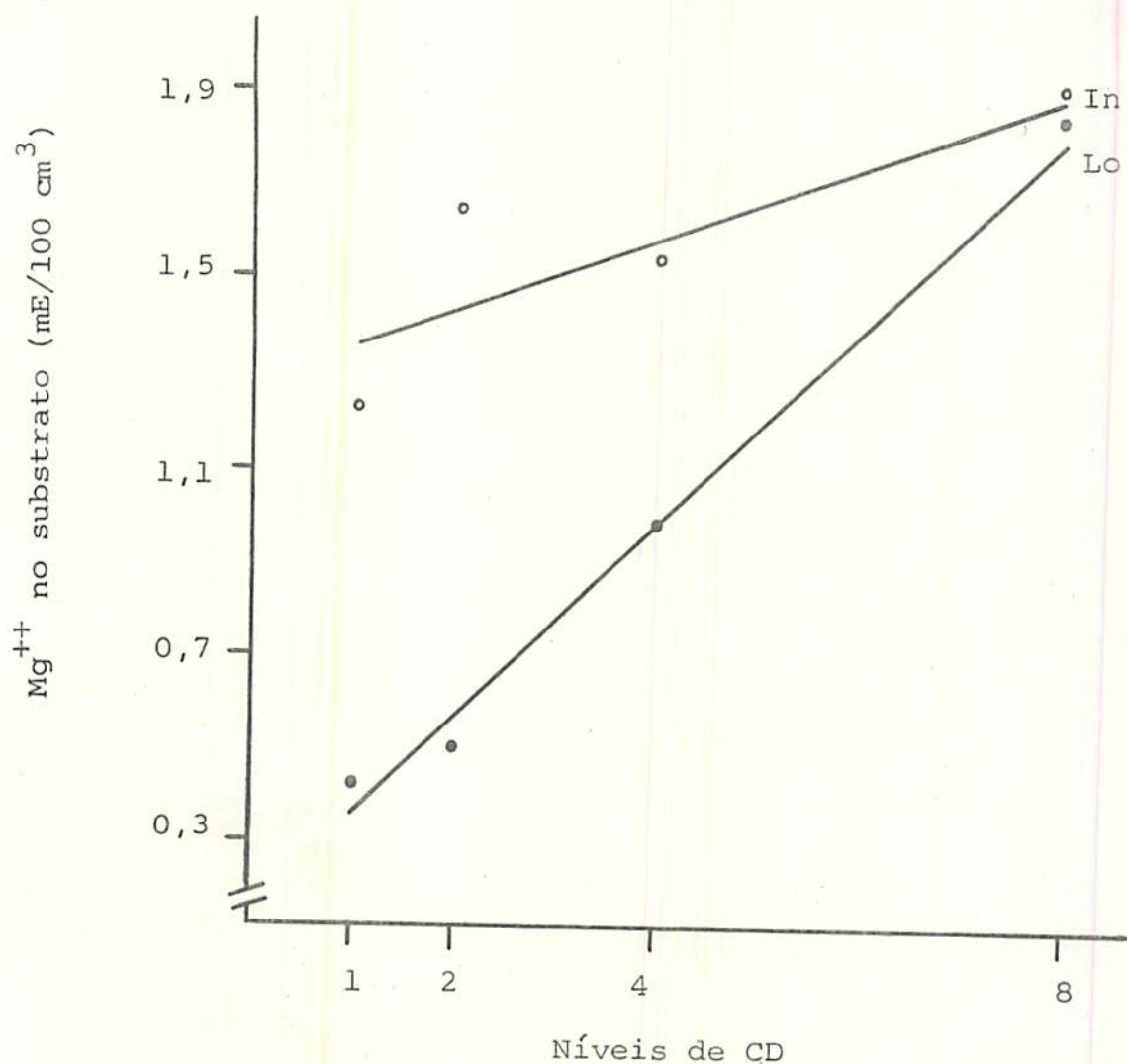


FIGURA 4 - Equações de regressão para os teores de Mg⁺⁺ nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos lixoeiros 'Cravo', e os níveis de CD nos dois métodos de aplicação.

SS-In	$Y = 0,3444 - 0,0963 x$ $+ 0,0080 x^2$	$R^2 = 0,96$
SS-Lo	$Y = 0,3637 - 0,0347 x$	$R^2 = 0,92$
CD-Lo	$Y = 0,2000 - 0,0266 x$	$R^2 = 0,92$

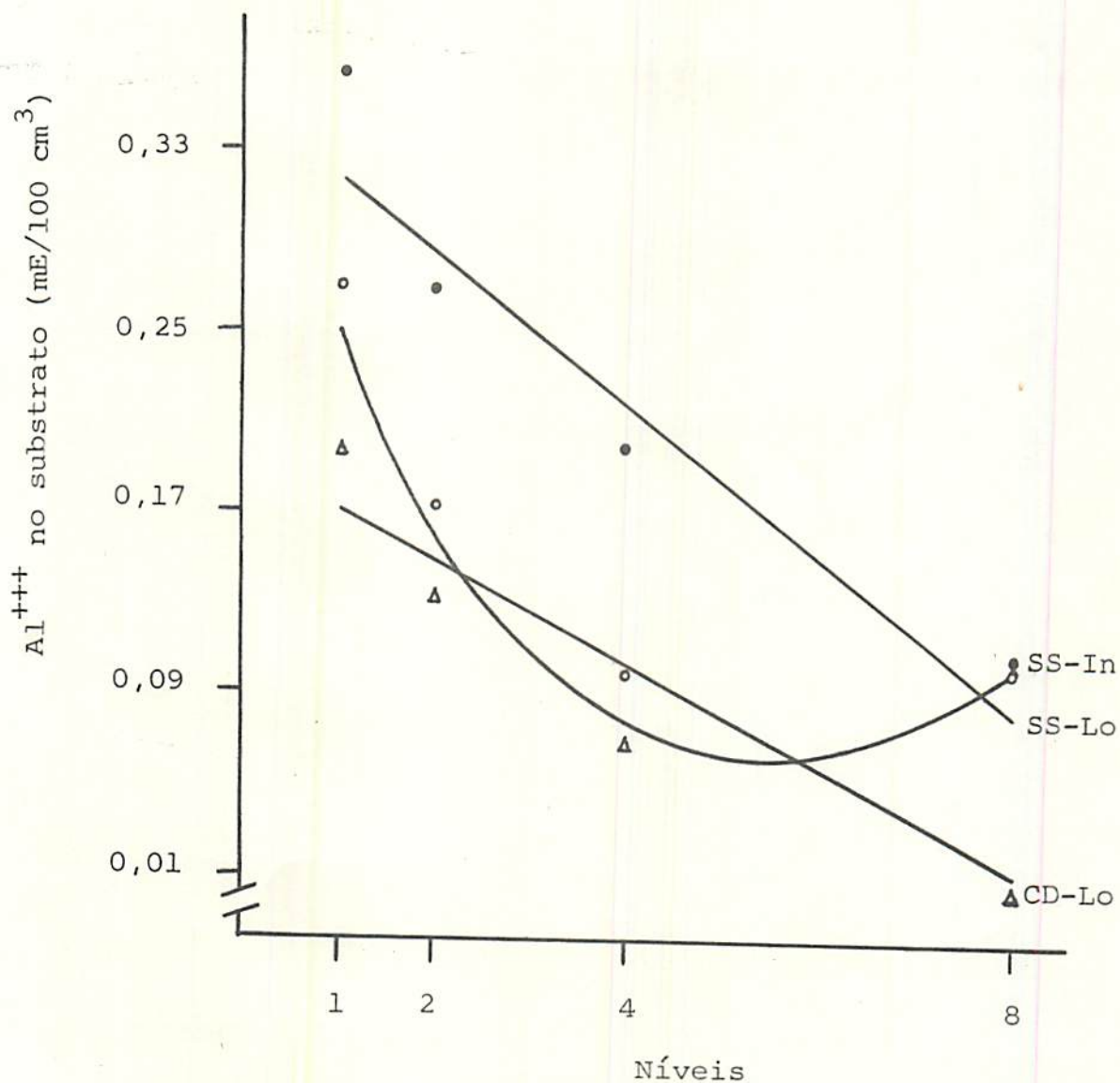


FIGURA 5 - Equações de regressão para os teores de Al^{+++} nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação localizada.

$$\text{In} \quad Y = 6,3115 + 0,2324 \times \quad R^2 = 0,90$$

$$\text{Lo} \quad Y = 5,1390 + 0,1762 \times \quad R^2 = 0,76$$

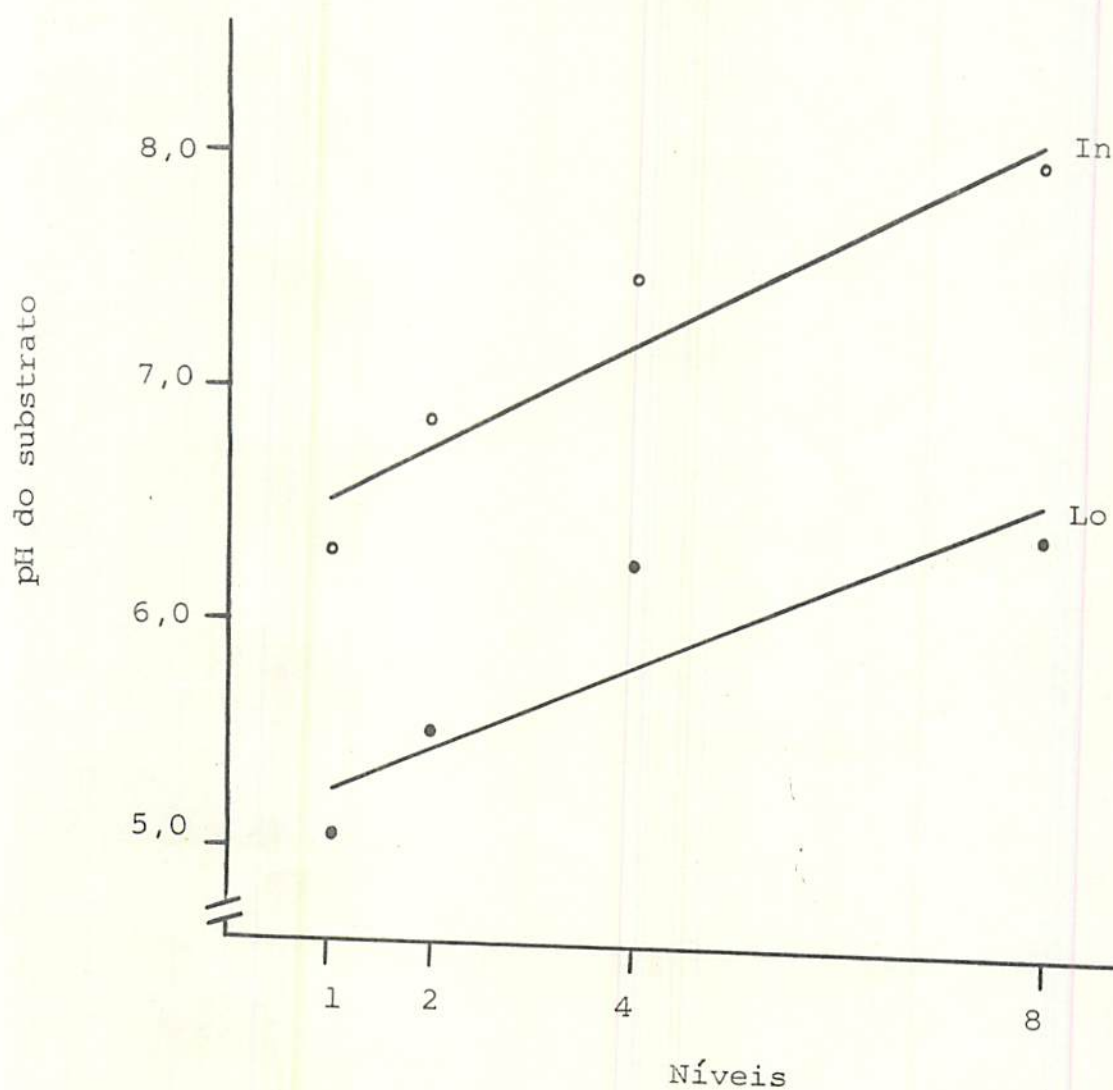


FIGURA 6 - Equações de regressão para os valores de pH nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', e os níveis de CD nos dois métodos de aplicação.

Os valores médios para SS e CD em cada método de aplicação, para os teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} e valores de pH nas amostras do substrato encontram-se no Quadro 4.

Em relação ao P, observa-se que somente houve diferença entre os métodos de aplicação quando se utilizou o SS, tendo a aplicação incorporada proporcionado teores 4,0 vezes maiores que a localizada.

Para os teores de K e Mg^{++} e valores de pH as diferenças entre os métodos de aplicação somente foram observadas quando se aplicou o CD, tendo a aplicação incorporada proporcionado médias respectivamente 1,57, 1,67 e 1,24 vezes maiores que as obtidas na aplicação localizada.

Em relação aos teores de Ca^{++} , os maiores valores para os dois fertilizantes foram constatados na aplicação incorporada, sendo estes maiores que na localizada 1,99 e 2,14 vezes, para o SS e o CD respectivamente. Efeito contrário foi observado para o teor médio de Al^{+++} , onde a aplicação localizada proporcionou valores 1,44 e 2,50 vezes maiores que na incorporada, para o SS e o CD respectivamente.

Em geral, o uso do SS proporcionou teores de P, Ca^{++} e Al^{+++} respectivamente 112,4, 1,47 e 2,86 vezes maiores que os obtidos com a aplicação do CD. Para os teores de K, Mg^{++} e valores de pH as maiores médias foram obtidas com o uso do CD, sendo estas 1,41, 3,44 e 1,29 vezes maiores que as proporcionadas pelo uso do SS.

QUADRO 4 - Médias por fertilizantes em cada método de aplicação dos teores de P, K, Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} e valores de pH determinados nas amostras do substrato aos seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986.

Característica	Fertilizante	Método de aplicação		Médias por fertilizante
		In	Lo	
P (ppm)	SS	232,17a	57,83 b	145,00 A
	CD	1,25a	1,33a	1,29 B
K (ppm)	SS	9,50a	9,17a	9,33 B
	CD	16,08a	10,25 b	13,17 A
Ca^{++} (mE/100 cm^3)	SS	4,71a	2,37 b	3,54 A
	CD	3,28a	1,53 b	2,41 B
Mg^{++} (mE/100 cm^3)	SS	0,42a	0,31a	0,36 B
	CD	1,56a	0,93 b	1,24 A
Al^{+++} (mE/100 cm^3)	SS	0,16 b	0,23a	0,20 A
	CD	0,04 b	0,10a	0,07 B
pH	SS	5,07a	4,98a	5,03 B
	CD	7,18a	5,80 b	6,49 A

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula na coluna, para cada característica, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

4.2. Teores de Nutrientes na m.s. Total das Plantas aos Seis Meses Pós-Semeadura

Os resultados referentes aos níveis de SS e CD em cada método de aplicação para os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn, na m.s. total das plantas aos seis meses pós-semeadura, encontram-se no Quadro 5.

Em relação aos teores de N, somente para o CD em aplicação localizada não foram observadas diferenças entre as médias. Quando se aplicou o SS no método incorporado, as médias diminuíram até o nível 4, a partir do qual houve ligeiro acréscimo. Na aplicação localizada, houve tendência a crescerem os teores de N na m.s. das plantas quando se aumentou os níveis de SS. Para o CD em aplicação incorporada, os teores de N tenderam a aumentar até o nível 4 a partir do qual houve diminuição.

As equações de regressão para os teores de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, em função dos níveis de SS nos dois métodos de aplicação, e de CD em aplicação incorporada encontram-se na Figura 7. Para o SS em aplicação incorporada a equação apresenta natureza quadrática, passando por ponto de mínimo no nível correspondente a 2.430 g de SS por parcela, enquanto que na localizada espera-se acréscimos lineares de 0,036% nos teores de N para cada aumento de 100 g de SS por parcela. Para o CD em aplicação incorporada a equação apresenta natureza quadrática, passando por ponto de máximo no nível correspondente a 1.433 g de CD por parcela.

Para os teores de P, houve tendência a ocorrer aumentos nos valores médios nos maiores níveis de SS, em ambos os métodos de aplicação, e no nível 4 de CD no método incorporado. De acordo com as equações de regressão representadas na Figura 8, esperam-se acréscimos lineares de 0,019 e 0,029% nos teores de P na m.s. total das plantas para cada aumento de 100 g de SS por parcela, em aplicação incorporada e localizada respectivamente. Para o CD em aplicação incorporada, a equação apresenta natureza quadrática, passando por ponto de máximo no nível correspondente à dose de 1.505 g de CD por parcela.

Os teores de K tenderam a diminuir até o nível 4 quando se aplicou o SS nos dois métodos de aplicação, mas somente na aplicação incorporada estas diferenças foram significativas. A equação de regressão para os teores de K na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' em função dos níveis de SS em aplicação incorporada encontram-se na Figura 9, apresentando natureza quadrática e passando por ponto de mínimo no nível correspondente a 2.805 g de SS por parcela.

Para os teores de Ca, somente não foram observadas diferenças entre os níveis quando se utilizou o CD em aplicação localizada. Para o SS nos dois métodos de aplicação as médias tenderam a aumentar com o aumento dos níveis, enquanto que para o CD em aplicação incorporada os níveis intermediários apresentaram maiores valores. Segundo as equações de regressão representadas na Figura 10, espera-se acréscimos lineares de 0,012 e 0,038% nos teores de Ca na m.s. total das plantas, para cada aumento de 100g de SS por parcela, em aplicação incorporada e localizada, respec-

tivamente. Para o CD em aplicação incorporada a equação de regressão, também representada na Figura 10, apresenta natureza quadrática, passando por ponto de máximo no nível correspondente a 467g de CD por parcela.

As médias para os teores de Mg somente apresentaram diferenças entre si para o CD em aplicação localizada, havendo tendência a crescerem os valores com o aumento dos níveis. A equação de regressão está representada na Figura 11, esperando-se acréscimos lineares de 0,063% nos teores de Mg na m.s. total das plantas, para cada aumento de 100 g de CD por parcela. Para a aplicação incorporada do CD os valores foram bem maiores que os obtidos quando se aplicou o SS, que ficaram bem próximos do teor obtido no tratamento não adubado.

Para os teores de S as diferenças entre as médias somente foram observadas no nível mais alto de SS nos dois métodos de aplicação. As equações de regressão estão representadas na Figura 12, esperando-se acréscimos lineares de 0,012 e 0,024% nos teores de S na m.s. total das plantas, para cada aumento de 100 g de SS por parcela, em aplicação incorporada e localizada, respectivamente. Os valores obtidos com o uso do CD foram levemente maiores que o proporcionado pelo tratamento não adubado.

Em relação aos teores de B, observa-se que o aumento dos níveis de SS proporcionou uma tendência a ocorrerem menores valores nas médias, mas esta diferença somente foi significativa no nível mais elevado da aplicação incorporada, cujo valor foi bem próximo do obtido no tratamento não adubado. A equação de regressão para os teores de B na m.s. total dos limoeiros 'Cravo'

aos seis meses pós-semeadura, em função dos níveis de SS em aplicação incorporada, está representada na Figura 13. Segundo a equação, espera-se decréscimos lineares de 0,33 ppm nos teores de B na m.s. total das plantas para cada acréscimo de 100 g de SS por parcela.

Para os teores de Cu, não foram observadas diferenças entre os níveis para nenhum fertilizante em nenhum método de aplicação. Para o SS os valores foram ligeiramente menores que o proporcionado pelo tratamento não adubado.

Quanto aos teores de Mn, somente para o SS nos dois métodos de aplicação foram observadas diferenças entre as médias, havendo aumento até o nível 4, a partir do qual diminuíram. As equações de regressão estão representadas na Figura 14, sendo ambas de natureza quadrática e passando por pontos de mínimo nos níveis correspondentes a 2.165 e 800 g de SS por parcela, na aplicação incorporada e na localizada respectivamente. Para o CD, apesar de não significativa, foi observada tendência a diminuir os valores com o aumento dos níveis nos dois métodos de aplicação, e estes valores foram bem menores que o obtido no tratamento não adubado.

Para os teores de Zn não foram observadas diferenças entre os níveis para nenhum fertilizante em nenhum dos dois métodos de aplicação.

QUADRO 5 - Médias por níveis de superfosfato simples e de calcário dolomítico, em cada método de aplicação, para os teores de nutrientes na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura. ESAL, Lavras, 1986.

Fertilizante	Método de aplicação	Nível	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	B ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
SS	In	1	1,93a	0,14 c	0,97a	1,14 d	0,14a	0,10 c	33,14a	6,13a	107,79a	15,75a
		2	1,64 b	0,14 c	0,74ab	1,29 c	0,12a	0,10 c	34,27a	5,70a	65,17 c	13,01a
		4	1,40 c	0,17 b	0,65 b	1,39 b	0,10a	0,23 b	32,70a	5,54a	51,92 d	12,47a
		8	1,63 b	0,20a	0,63 b	1,58a	0,11a	0,48a	23,01 b	5,94a	97,55 b	13,30a
SS	Lo	1	1,32 b	0,12 b	0,90a	1,18 c	0,12a	0,11 c	30,77a	6,37a	111,40a	11,50a
		2	1,39ab	0,13 b	0,81a	1,21 bc	0,11a	0,12 c	31,32a	6,57a	80,63 b	12,48a
		4	1,43ab	0,13 b	0,70a	1,33 b	0,11a	0,16 b	31,74a	5,61a	69,56 d	10,18a
		8	1,57a	0,15a	0,94a	1,51a	0,12a	0,35a	28,92a	6,49a	71,32 c	12,32a
CD	In	1	1,93 c	0,09 b	1,14a	0,70 b	0,41a	0,14a	20,27a	6,43a	28,21a	16,18a
		2	2,21ab	0,10 b	1,24a	0,86a	0,39a	0,11a	25,70a	6,27a	20,46a	14,58a
		4	2,25a	0,15a	1,22a	0,93a	0,41a	0,13a	22,22a	6,61a	19,65a	17,54a
		8	2,01 bc	0,10 b	1,23a	0,82ab	0,48a	0,10a	20,32a	7,25a	17,76a	15,95a
CD	Lo	1	1,83a	0,09a	0,96a	0,46a	0,45 c	0,12a	23,58a	6,89a	55,20a	12,87a
		2	1,75a	0,09a	1,03a	0,50a	0,68 bc	0,10a	24,93a	5,90a	41,60a	12,01a
		4	1,82a	0,09a	0,89a	0,50a	0,75 b	0,10a	23,04a	6,72a	33,44a	11,79a
		8	1,72a	0,09a	0,86a	0,37a	0,93a	0,10a	23,61a	6,28a	25,35a	12,70a
Testemunha			1,94	0,08	1,20	0,31	0,11	0,08	24,54	7,28	111,50	13,69

Médias seguidas da mesma letra nas colunas para cada fertilizante em um mesmo método de aplicação, não diferem entre si pelos teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SS-In	$Y = 2,2322 - 0,3501 x$	
	$+ 0,0343 x^2$	$R^2 = 0,98$
SS-Lo	$Y = 1,2982 + 0,0344 x$	$R^2 = 0,97$
CD-In	$Y = 1,7727 + 0,2281 x$	$R^2 = 0,85$

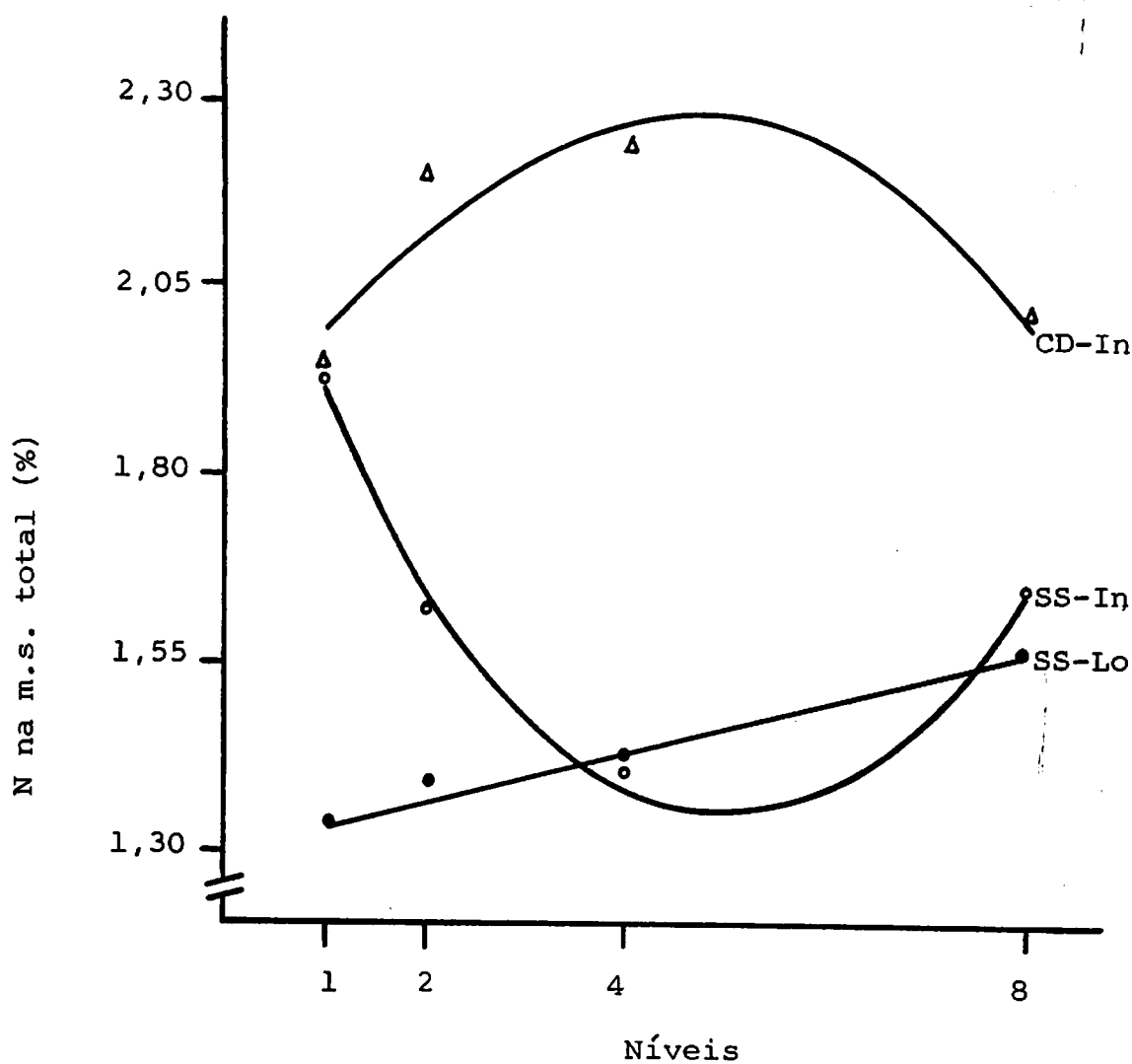


FIGURA 7 - Equações de regressão para os teores de N na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação, e de CD em aplicação incorporada.

$$\text{SS-In} \quad Y = 0,1266 + 0,0093 x \quad R^2 = 0,94$$

$$\text{SS-Lo} \quad Y = 0,1162 + 0,0041 x \quad R^2 = 0,97$$

$$\text{CD-In} \quad Y = 0,0461 + 0,0404 x - 0,0042 x^2 \quad R^2 = 0,83$$

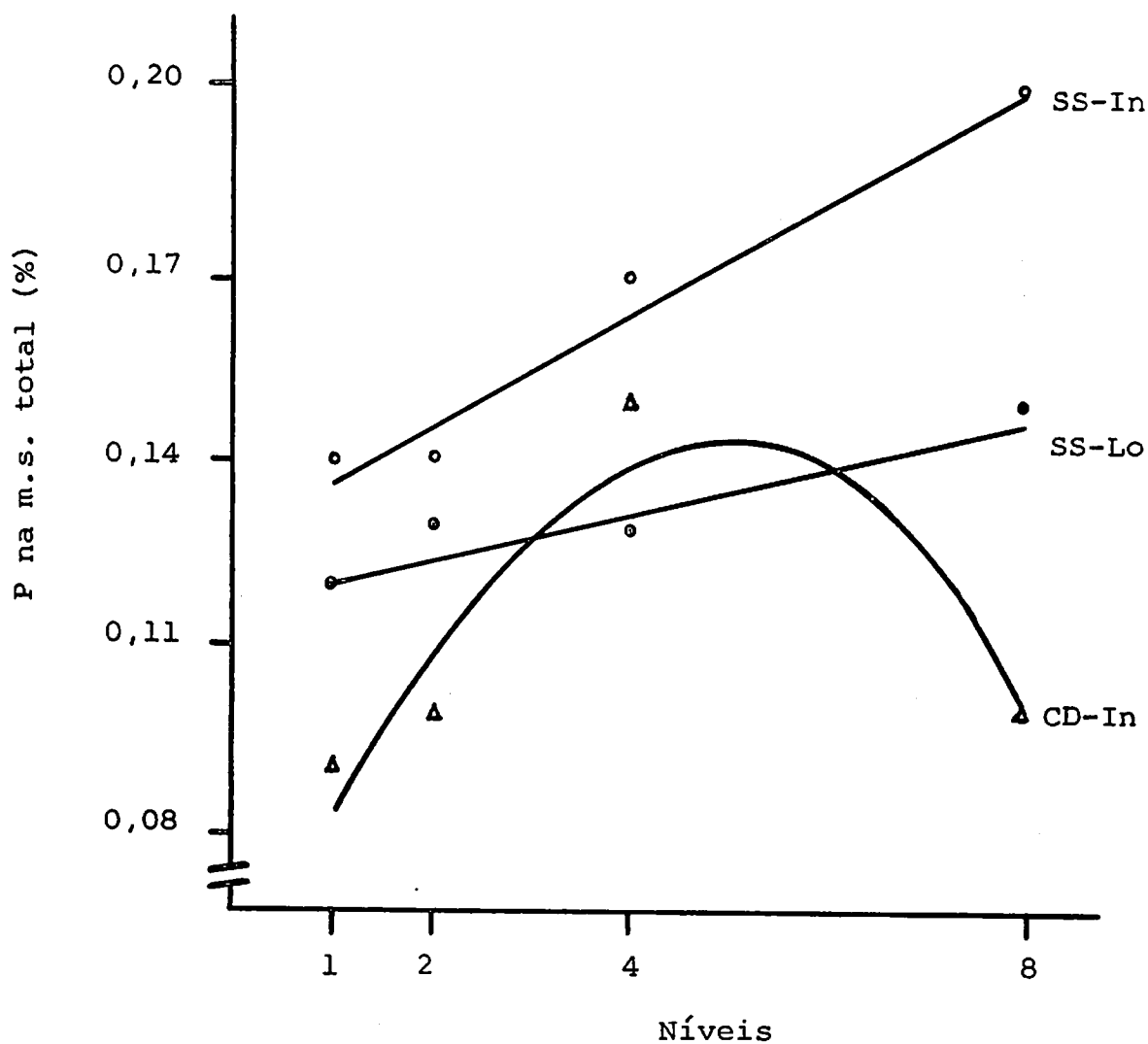


FIGURA 8 - Equações de regressão para os teores de P na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação, e de CD em aplicação incorporada.

$$Y = 1,1027 - 0,1832 x + 0,0155 x^2 \quad R^2 = 1,00$$

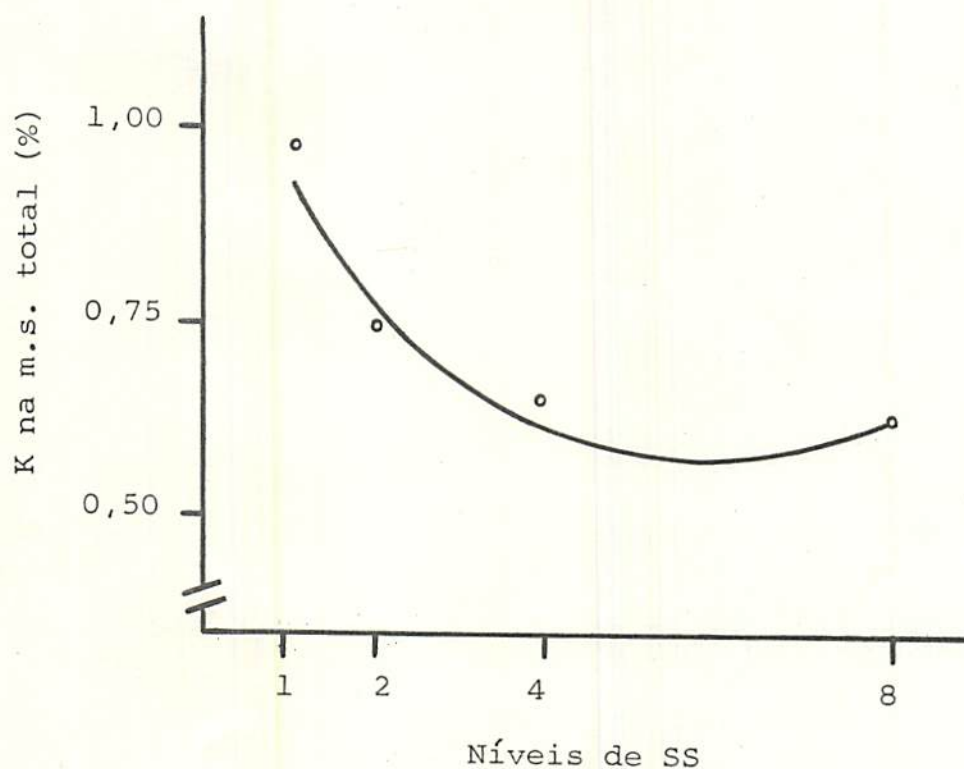


FIGURA 9 - Equação de regressão para os teores de K na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS em aplicação incorporada.

SS-In	$Y = 1,1313 + 0,0583 x$	$R^2 = 0,95$
SS-Lo	$Y = 1,1270 + 0,0485 x$	$R^2 = 0,81$
CD-In	$Y = 0,5850 + 0,1501 x$ $- 0,0150 x^2$	$R^2 = 0,99$

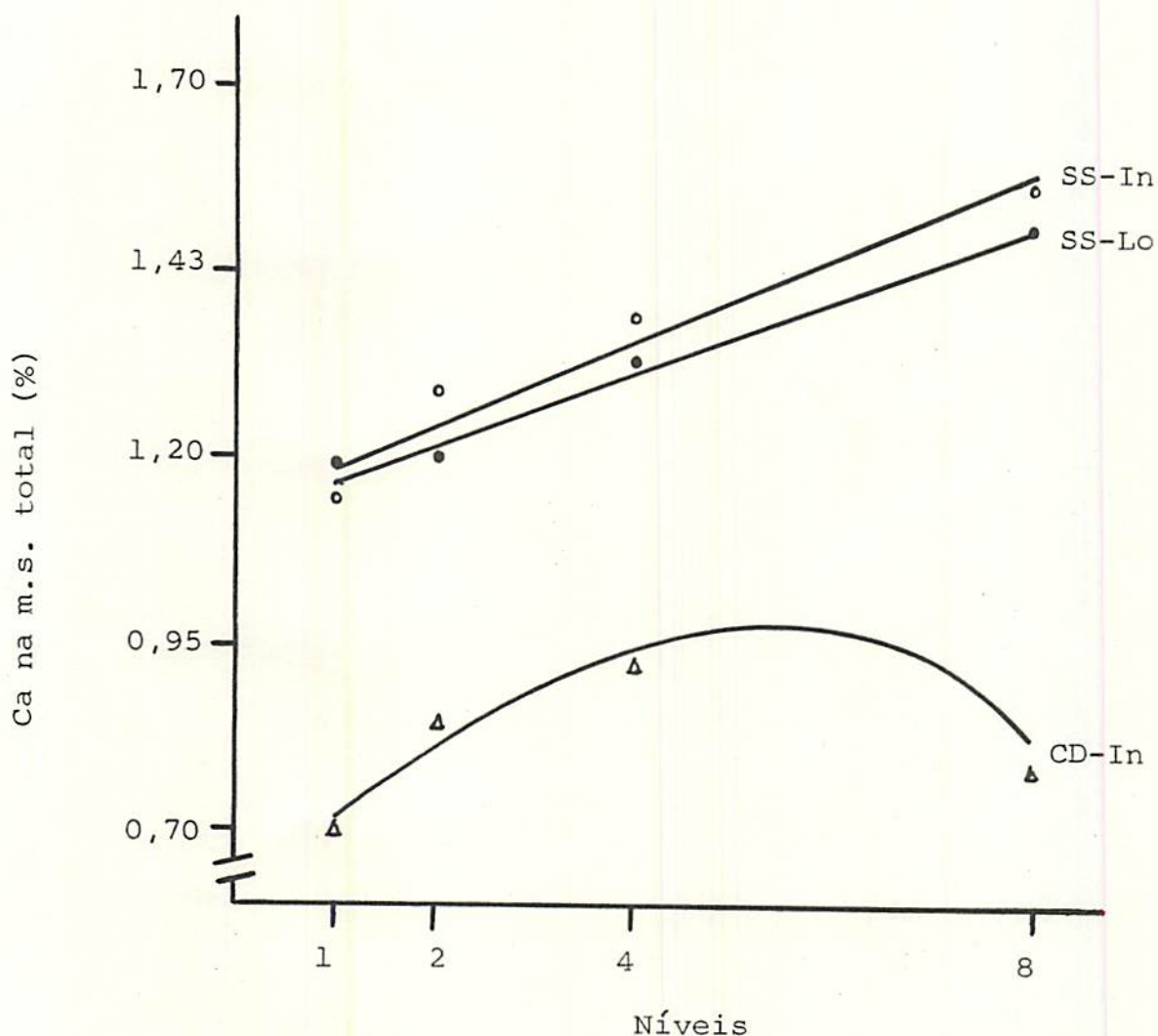


FIGURA 10 - Equações de regressão para os teores de Ca na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação e de CD em aplicação incorporada.

$$Y = 0,4778 + 0,0592 x \quad R^2 = 0,86$$

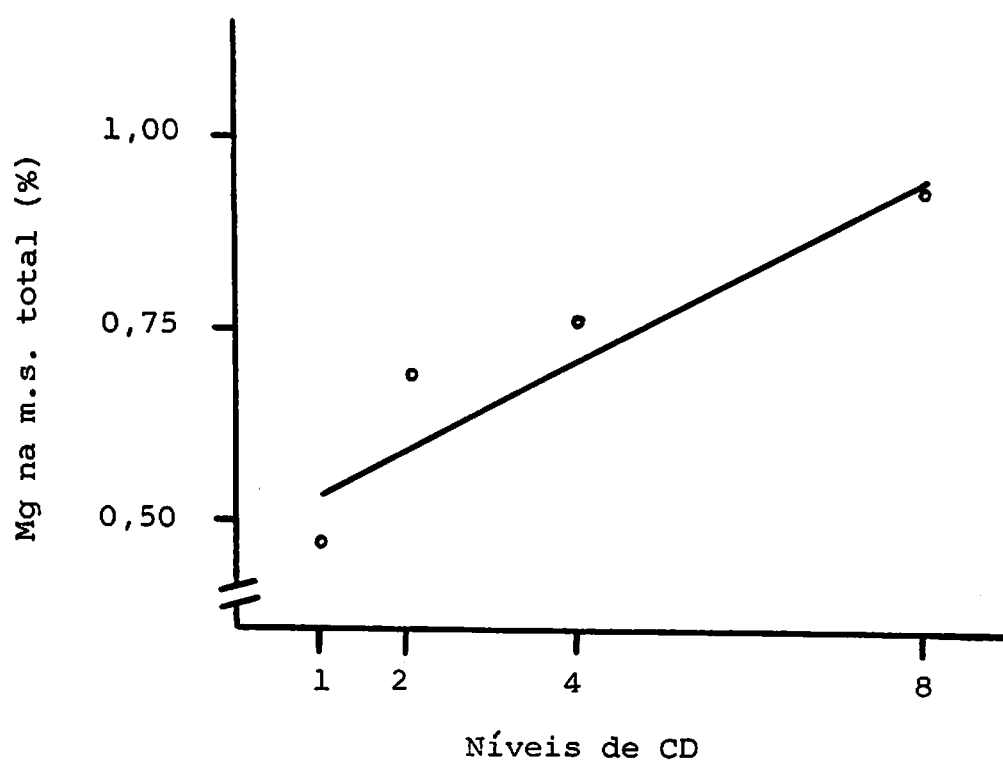


FIGURA 11 - Equação de regressão para os teores de Mg na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de CD em aplicação localizada.

$$\text{In} \quad Y = 0,0159 + 0,0573 x \quad R^2 = 0,98$$

$$\text{Lo} \quad Y = 0,0543 + 0,0348 x \quad R^2 = 0,95$$

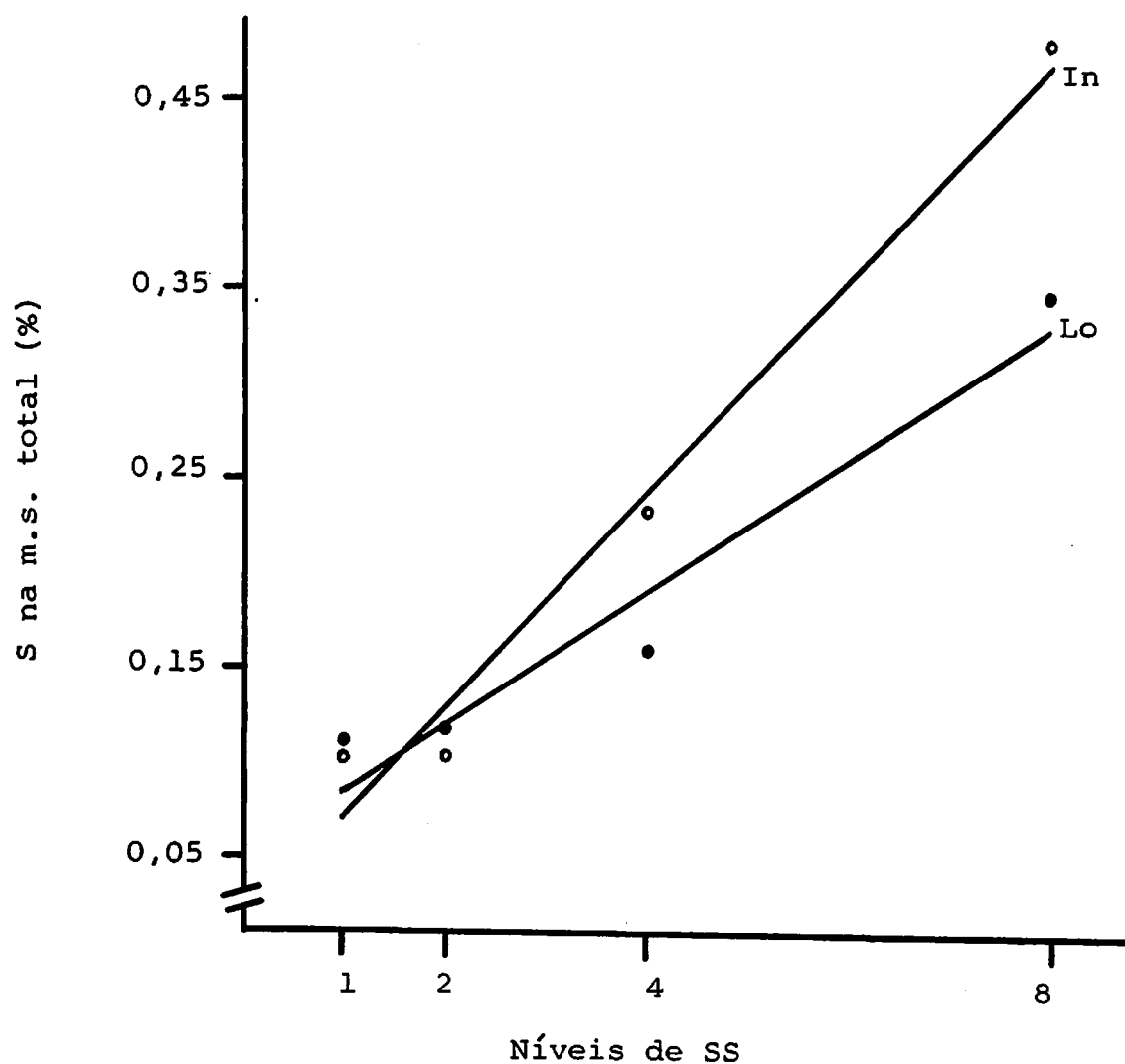


FIGURA 12 - Equações de regressão para os teores de S na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação.

$$Y = 36,6704 - 1,5701 x \quad R^2 = 0,86$$

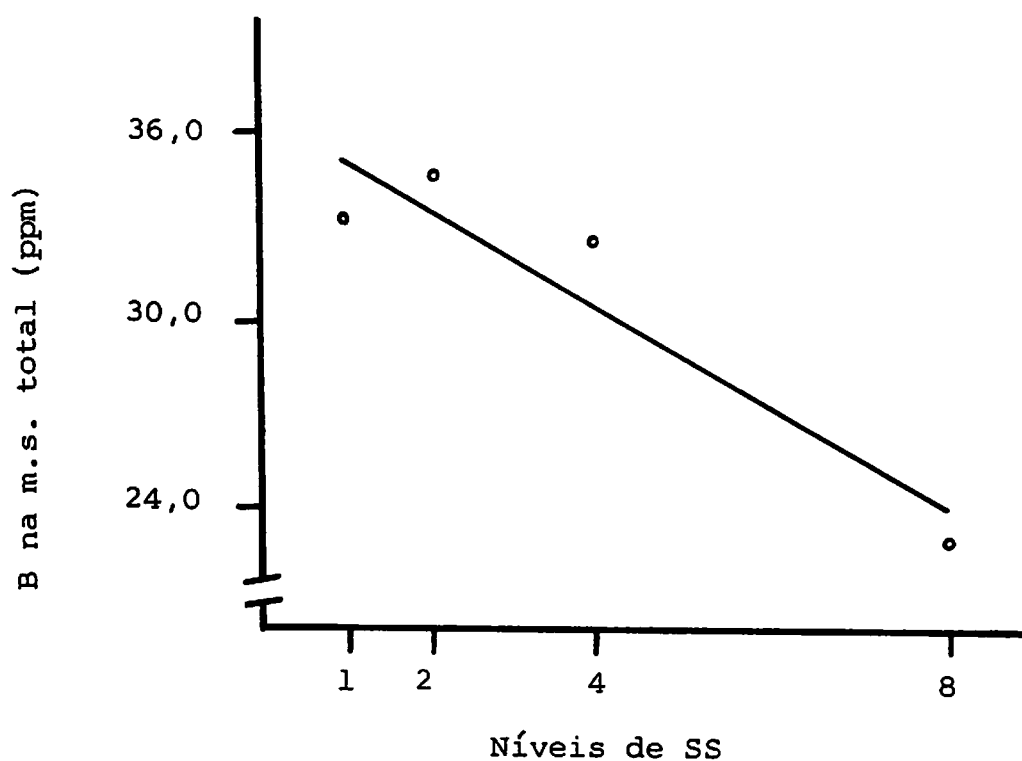


FIGURA 13 - Equação de regressão para os teores de B na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS em aplicação incorporada.

$$\begin{aligned}
 \text{In} \quad Y &= 138,4350 - 40,6690 x \\
 &\quad + 4,4557 x^2 \quad R^2 = 0,92 \\
 \text{Lo} \quad Y &= 129,3300 - 24,7162 x \\
 &\quad + 2,1919 x^2 \quad R^2 = 0,90
 \end{aligned}$$

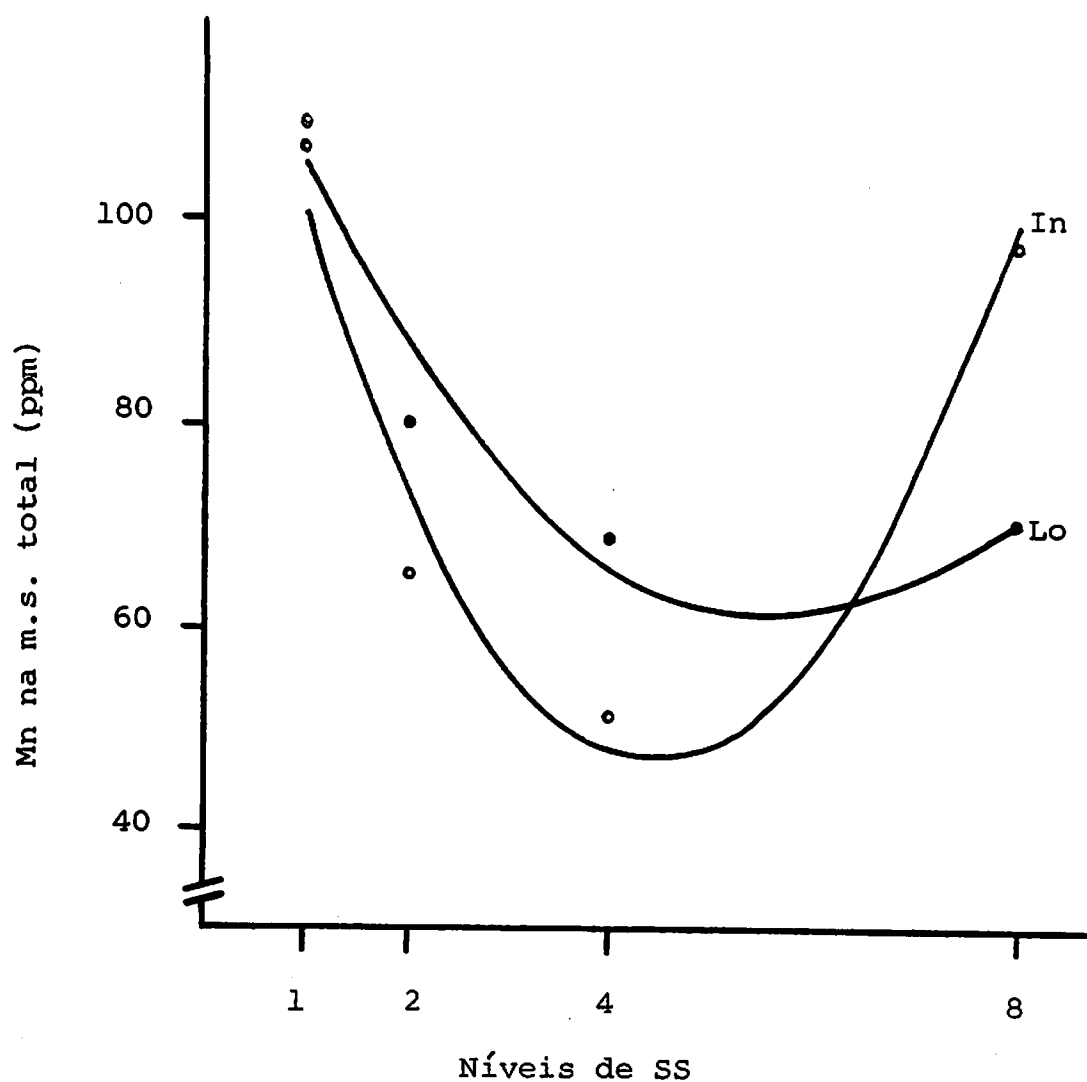


FIGURA 14 - Equações de regressão para os teores de Mn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação.

Os valores médios para SS e CD em cada método de aplicação, referentes aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn, na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, encontram-se no Quadro 6.

Para os teores de N, P, Ca, S e Zn, a aplicação incorporada proporcionou maiores teores tanto para o SS quanto para o CD, sendo estes valores em média 1,26 vezes maiores que os obtidos na aplicação localizada.

Em relação aos teores de K, Mg e Mn, somente houve diferenças entre os métodos quando se utilizou o CD. O valor obtido na aplicação incorporada do CD foi 1,30 vezes maior que na localizada para os teores de K, enquanto que para Mg e Mn ocorreram efeitos inversos, tendo a aplicação localizada proporcionado teores médios 1,74 vezes maiores que a incorporada.

Para os teores de B e Cu, não houve diferenças entre os métodos de aplicação para nenhum dos dois fertilizantes aplicados.

Em geral, o uso do SS proporcionou valores 1,91 vezes maiores que o CD para os teores de P, Ca, S, B e Mn, enquanto que para N, K, Mg e Zn os valores foram em média 2,10 vezes maiores quando se aplicou o CD em relação aos obtidos com a utilização do SS.

QUADRO 6 - Médias por fertilizantes em cada método de aplicação dos teores de nutrientes determinados na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós - semeadura. ESAL, Lavras, 1986.

Característica	Fertilizante	Método de aplicação		Médias por fertilizante
		In	Lo	
N (%)	SS	1,65a	1,43 b	1,54 B
	CD	2,10a	1,78 b	1,94A
P (%)	SS	0,16a	0,13 b	0,15A
	CD	0,11a	0,09 b	0,10 B
K (%)	SS	0,75a	0,84a	0,79 B
	CD	1,21a	0,93 b	1,07A
Ca (%)	SS	1,35a	1,31 b	1,33A
	CD	0,83a	0,46 b	0,64 B
Mg (%)	SS	0,12a	0,12a	0,12 B
	CD	0,42 b	0,70a	0,56A
S (%)	SS	0,23a	0,19 b	0,21A
	CD	0,12a	0,10 b	0,11 B
B (ppm)	SS	30,78a	30,69a	30,73A
	CD	22,13a	23,78a	22,96 B
Cu (ppm)	SS	5,83a	6,31a	6,07 B
	CD	6,64a	6,45a	6,54A
Mn (ppm)	SS	80,61a	83,23a	81,92A
	CD	21,52 b	38,90a	30,21 B
Zn (ppm)	SS	13,63a	11,62 b	12,62 B
	CD	16,07a	12,34 b	14,20A

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula na coluna, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

4.3. Características de Crescimento Vegetativo Avaliadas aos Quatro e Seis Meses Pós-Semeadura

Os resultados referentes aos níveis de SS e CD nos dois métodos de aplicação, para as características de crescimento vegetativo avaliadas aos quatro e seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo', encontram-se no Quadro 7.

Para as alturas de plantas, observa-se que aos quatro meses pós-semeadura as médias somente apresentaram diferenças entre si para o SS em aplicação incorporada, onde se observa aumentos crescentes até o nível 4. Na aplicação localizada, apesar de não ser significativa, foi observada esta mesma tendência com o uso do SS. A equação de regressão para as alturas de plantas aos quatro meses pós-semeadura em função dos níveis de SS em aplicação incorporada encontra-se na Figura 15, esperando-se acréscimos lineares de 0,16 cm nas alturas de plantas para cada aumento de 100 g de SS por parcela.

Para as alturas de plantas aos seis meses pós-semeadura as médias referentes à aplicação incorporada do SS tenderam a aumentar somente até o nível 4, e na aplicação localizada apresentaram-se maiores nos dois últimos níveis. As equações de regressão para as alturas de plantas aos seis meses pós-semeadura em função dos níveis de SS nos dois métodos de aplicação encontram-se na Figura 16. Observa-se que ambas as equações apresentam natureza quadrática, passando por pontos de máximo nos níveis correspondentes a 2.658 e 913 g de SS por parcela, onde se esperam altu

[REDACTED]

ras de plantas de 27,1 e 16,7 cm para a aplicação incorporada e localizada, respectivamente.

As médias referentes aos comprimentos de raízes aos seis meses pós-semeadura somente apresentaram diferenças entre si para o CD em aplicação localizada, sendo estas menores nos dois últimos níveis. Conforme a equação de regressão representada na Figura 17, espera-se decréscimos lineares de 1,38 cm no comprimento de raízes para cada aumento de 100 g de CD por parcela.

Para os pesos de m.s. da parte aérea, de raízes e total das plantas aos seis meses pós-semeadura, somente foram observadas diferenças entre os níveis para o SS nos dois métodos de aplicação. De maneira geral, para estas características as médias tenderam a aumentar até o nível 4, a partir do qual houve tendência a diminuir. As equações de regressão para os pesos de m. s. da parte aérea, de raízes e total das plantas aos seis meses pós-semeadura, em função dos níveis de SS nos dois métodos de aplicação, estão representadas nas Figuras 18, 19 e 20 respectivamente, apresentando todas natureza quadrática. Na aplicação incorporada as equações passam por pontos de máxima no nível médio correspondente à dosagem de 2.644 g de SS por parcela, onde se espera pesos de m.s. de 1,71, 0,97 e 2,68 g por planta para parte aérea, raízes e total respectivamente. Na aplicação localizada as equações passam por pontos de máximo no nível médio correspondente à dosagem de 786 g de SS por parcela, onde se espera pesos de m.s. de 0,91, 0,68 e 1,56 g por planta para parte aérea, raízes e total respectivamente.

QUADRO 7 - Médias por níveis de superfosfato simples e de calcário dolomítico em cada método de aplicação, para as características de crescimento vegetativo avaliadas aos quatro e seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986.

Fertilizante		Método de aplicação	Nível	4 meses		6 meses			
				Altura de planta	de planta cm	Altura de planta	Comprimento de raízes	Peso m.s. parte aérea	Peso m.s. raízes g/planta
SS	In	1	5,18 c	9,51 b	30,49a	0,33 d	0,29 c	0,62 d	
		2	6,74 b	16,92ab	30,90a	0,80 c	0,57 b	1,37 c	
		4	9,91a	24,80a	32,13a	1,52a	0,89a	2,41a	
		8	11,01a	22,40a	32,59a	1,27 b	0,78a	2,06 b	
SS	Lo	1	6,31a	10,93 b	29,03a	0,40 c	0,46 b	0,87 d	
		2	6,61a	11,85 b	31,62a	0,55 b	0,60a	1,15 c	
		4	6,93a	15,62a	30,60a	0,84a	0,65a	1,48a	
		8	7,04a	15,92a	29,53a	0,82a	0,57ab	1,38 b	
CD	In	1	4,38a	4,76a	22,23a	0,05a	0,07a	0,12a	
		2	4,23a	5,39a	25,11a	0,08a	0,09a	0,17a	
		4	4,01a	5,48a	25,89a	0,09a	0,10a	0,19a	
		8	3,85a	5,38a	21,94a	0,08a	0,09a	0,17a	
CD	Lo	1	3,17a	4,08a	18,67a	0,07a	0,08a	0,15a	
		2	3,23a	4,22a	17,45a	0,07a	0,09a	0,16a	
		4	2,73a	4,16a	12,27 b	0,07a	0,07a	0,13a	
		8	2,72a	2,98a	9,79 b	0,06a	0,07a	0,12a	
Testemunha			2,75	3,76	26,11	0,06	0,09	0,16	

Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para cada fertilizante em um mesmo método de aplicação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

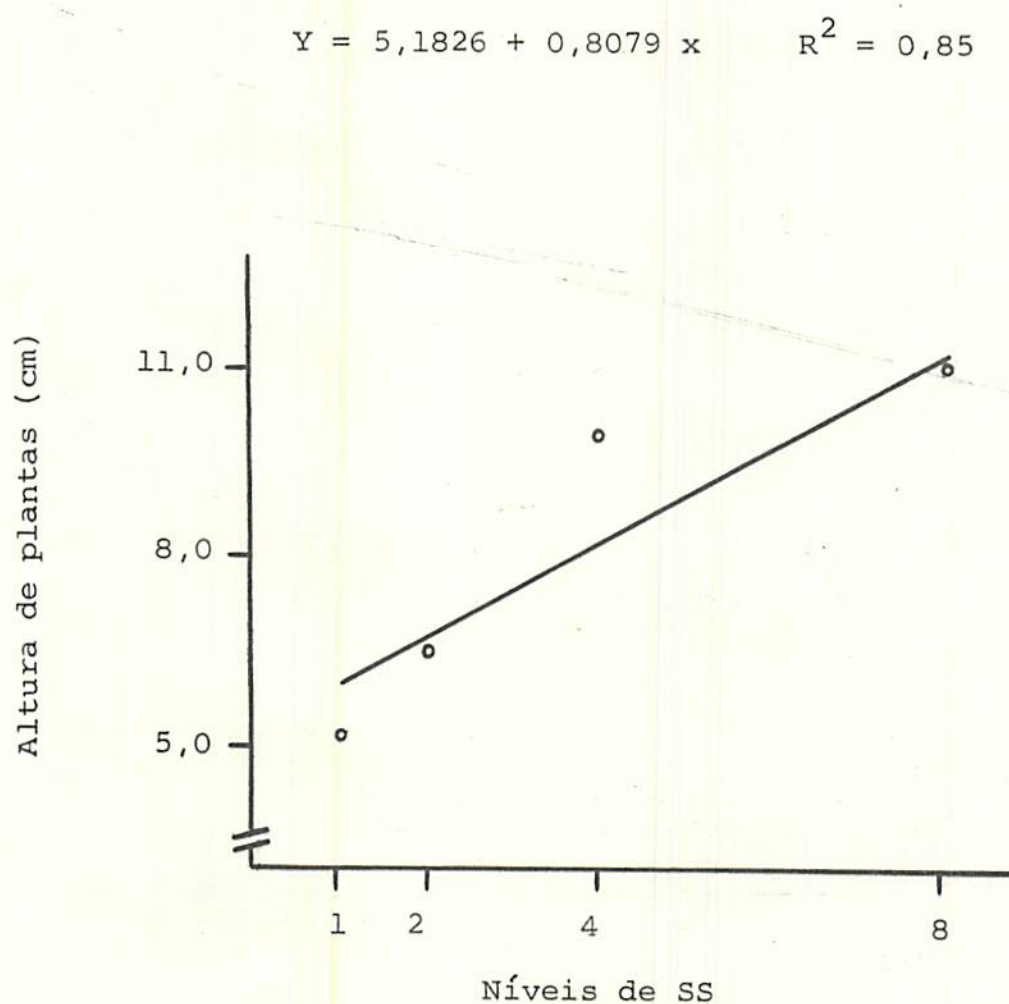


FIGURA 15 - Equação de regressão para as alturas dos limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, e os níveis de SS em aplicação incorporada.

$$\begin{array}{ll}
 \text{In} & Y = 1,3872 + 9,1929 x \\
 & \quad - 0,8213 x^2 \quad R^2 = 0,99 \\
 \text{Lo} & Y = 8,1572 + 2,5844 x \\
 & \quad - 0,2010 x^2 \quad R^2 = 0,96
 \end{array}$$

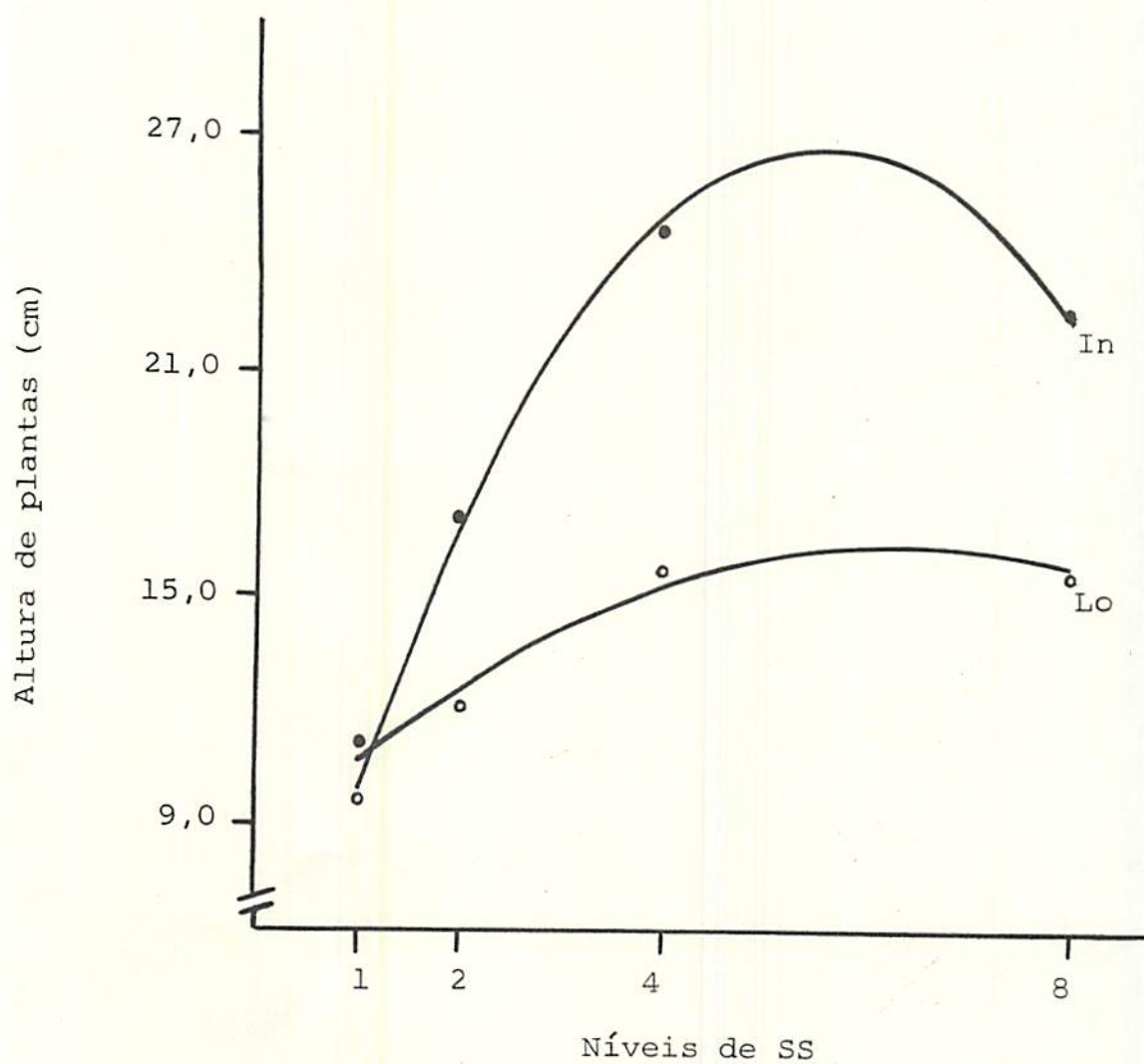


FIGURA 16 - Equações de regressão para as alturas dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação.

$$Y = 19,4004 - 1,2941 x \quad R^2 = 0,90$$

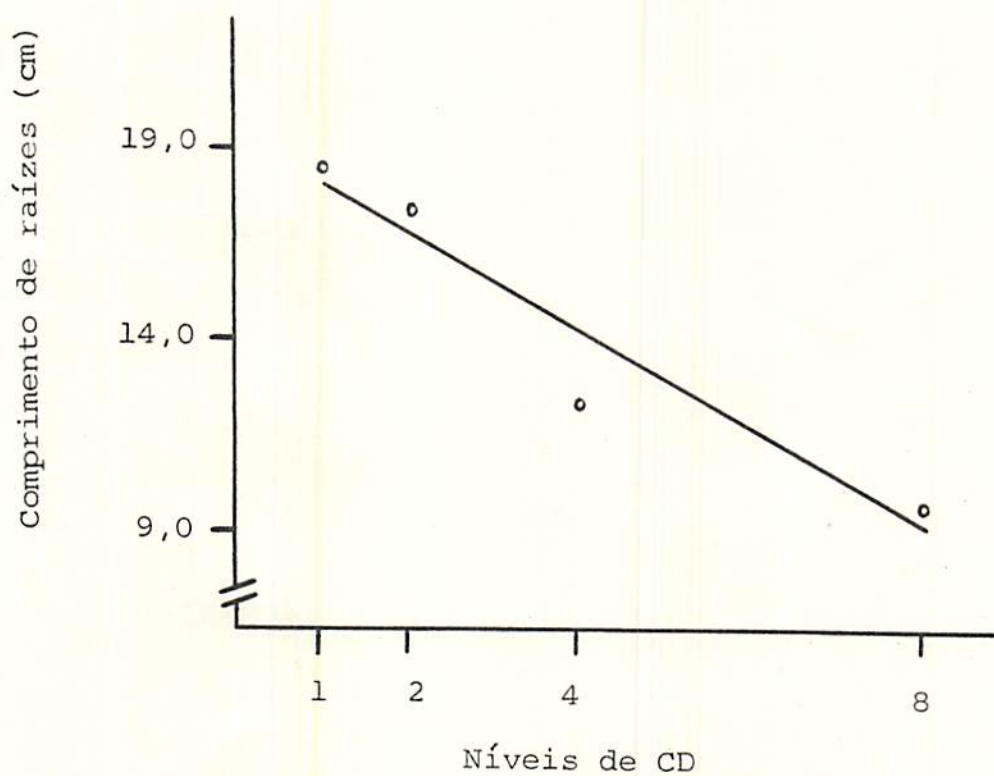


FIGURA 17 - Equação de regressão para os comprimentos de raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de CD em aplicação localizada.

$$\text{In} \quad Y = -0,3461 + 0,7192 x - 0,0645 x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Lo} \quad Y = 0,1588 + 0,2494 x - 0,0208 x^2 \quad R^2 = 0,99$$

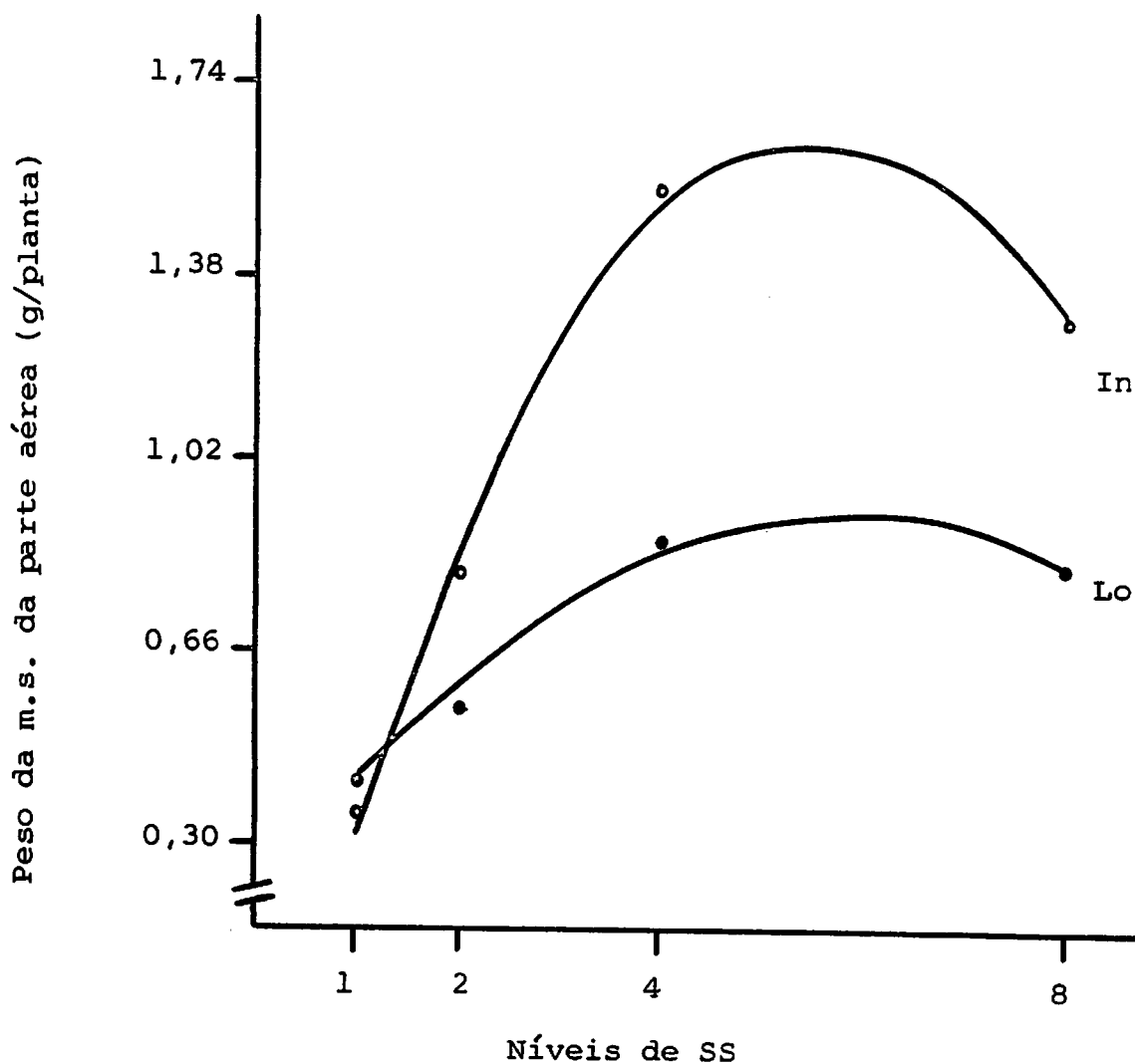


FIGURA 18 - Equações de regressão para peso da m.s. da parte aérea dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação.

$$\begin{array}{ll}
 \text{In} & Y = -0,0294 + 0,3612 x \\
 & \quad - 0,0325 x^2 \quad R^2 = 0,99 \\
 \text{Lo} & Y = 0,3716 + 0,1236 x \\
 & \quad - 0,0124 x^2 \quad R^2 = 0,90
 \end{array}$$

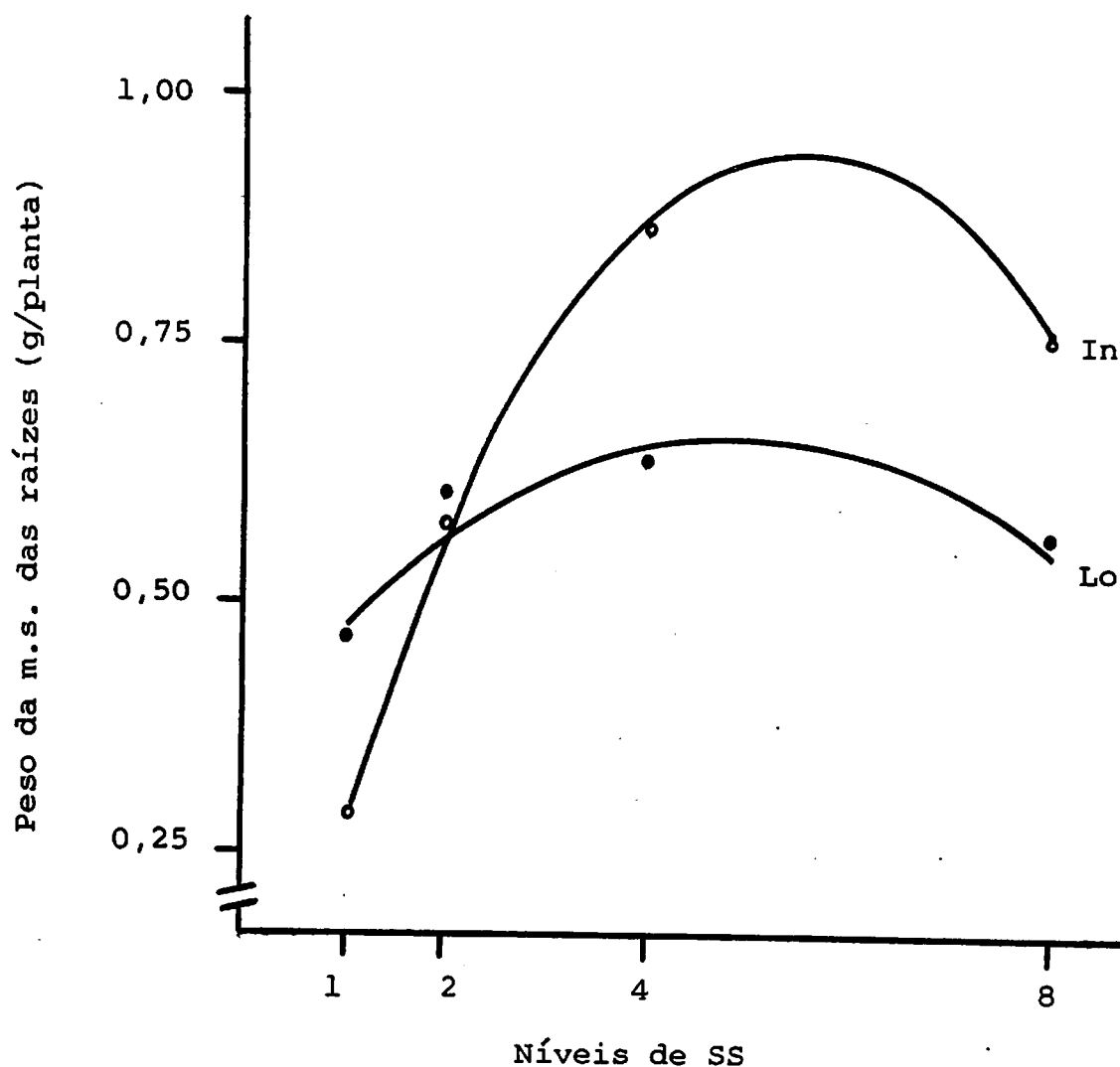


FIGURA 19 - Equações de regressão para peso da m.s. das raízes dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os níveis de SS nos dois métodos de aplicação.

$$\begin{array}{ll}
 \text{In} & Y = -0,3716 + 1,077 x \\
 & \quad - 0,0967 x^2 \quad R^2 = 0,82 \\
 \text{Lo} & Y = 0,5377 + 0,3656 x \\
 & \quad - 0,0325 x^2 \quad R^2 = 0,99
 \end{array}$$

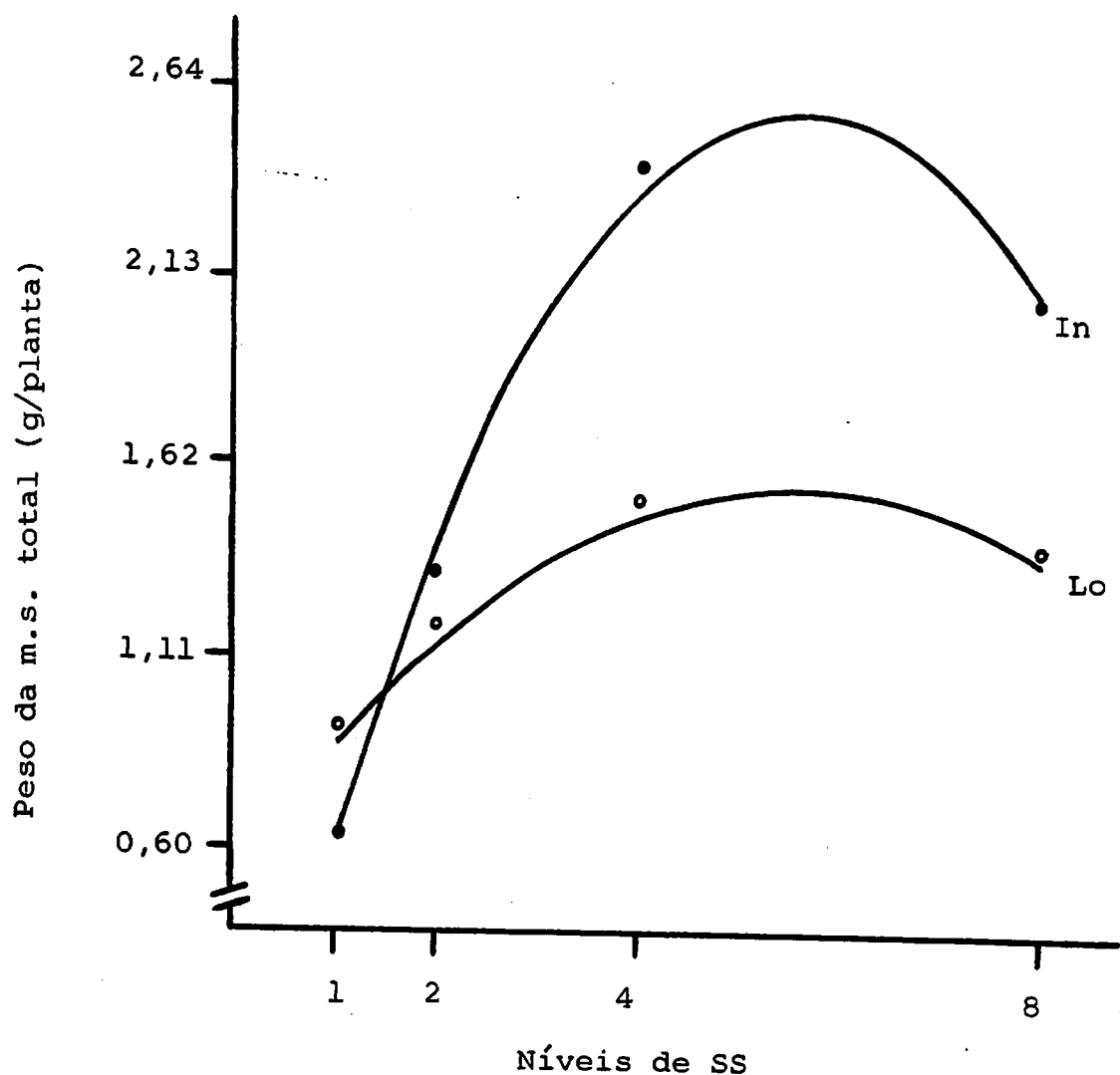


FIGURA 20 - Equações de regressão para peso da m.s. total dos li-moeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, e os ní-
veis de SS nos dois métodos de aplicação.

Os valores médios para cada fertilizante em cada método de aplicação referentes às características de crescimento vegetativo, avaliadas aos quatro e seis meses pós-semeadura, encontram-se no Quadro 8.

Para as alturas de plantas aos quatro e seis meses, a aplicação incorporada proporcionou valores em média 1,33 vezes maiores que a aplicação localizada para os dois fertilizantes.

Em relação ao comprimento de raízes aos seis meses pós-semeadura, somente foram observadas diferenças entre os métodos quando se utilizou o CD, tendo a aplicação incorporada proporcionado valor 1,64 vezes maior que a aplicação localizada.

Para pesos de m.s. da parte aérea, de raízes e total, somente foram observadas diferenças entre os métodos de aplicação quando se aplicou o SS, tendo a aplicação incorporada proporcionado valores em média 1,31 vezes maiores que os obtidos na aplicação localizada.

Em geral, para todas as características de crescimento vegetativo avaliadas, os maiores valores médios foram obtidos quando se aplicou o SS, sendo estes 2,11, 3,50, 1,61, 11,57, 7,50 e 9,47 vezes maiores que os proporcionados quando se utilizou o CD para alturas de plantas aos quatro e seis meses, comprimento de raízes, pesos de m.s. da parte aérea, de raízes e total respectivamente.

QUADRO 8 - Médias por fertilizantes em cada método de aplicação para as características de crescimento vegetativo determinadas aos quatro e seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986.

Característica	Fertilizante	Método de aplicação		Médias por fertilizante
		In	Lo	
Altura de plantas aos 4 meses (cm)	SS	8,21 a	6,72 b	7,47 A
	CD	4,12 a	2,96 b	3,54 B
Altura de plantas aos 6 meses (cm)	SS	18,41 a	13,58 b	15,99 A
	CD	5,26 a	3,86 b	4,56 B
Comprimento de raízes aos 6 meses (cm)	SS	31,53 a	30,43a	30,97 A
	CD	23,90 a	14,55 b	19,22 B
Peso da m.s.da parte aérea aos 6 meses (g/pl)	SS	0,98 a	0,65 b	0,81 A
	CD	0,08 a	0,07a	0,07 B
Peso da m.s.de raízes aos 6 meses (g/pl)	SS	0,63 a	0,57 b	0,60 A
	CD	0,09 a	0,08a	0,08 B
Peso da m.s.to tal aos 6 meses (g/pl)	SS	1,61 a	1,22 b	1,42 A
	CD	0,16 a	0,14a	0,15 B

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula na coluna para cada característica, não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 1% de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

// A elevação nos teores de P no substrato, observada com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, concorda com os resultados obtidos nos trabalhos revisados (17, 24, 42, 43, 45, 64, 66), onde a utilização de diferentes fontes de P aumentaram os teores deste nutriente no substrato, cultivado com plantas cítricas e de outras espécies. Esta maior disponibilidade de P se deve à sua presença neste fertilizante e em grandes proporções na forma solúvel em água. //

O uso de calcário pode, segundo MALAVOLTA et alii (40) e BUCKMAN & BRADY (16), aumentar a disponibilidade de P no solo. Neste trabalho, entretanto, não se verificou alterações nos teores de P no substrato, mesmo nas maiores dosagens de calcário dolomítico, devido provavelmente à natureza do material formador do substrato, que possuía teor baixo de P, conforme também observaram OLIVEIRA (45) e SILVA (64) utilizando calcário dolomítico e CaCO_3 puro, respectivamente.

Nas adubações com P, a recomendação é de que o fertilizante deve ser aplicado localizado, pois deste modo diminuem as

reações de fixação obtendo-se maiores eficiências na utilização do insumo (10, 27, 32, 55, 73, 79). Neste trabalho, a maior disponibilidade de P na aplicação incorporada já era esperada, pois apesar de maior contato com o solo, as quantidades aplicadas foram bem maiores que na aplicação localizada e bem superiores à capacidade de fixação do solo, e a amostragem foi feita em todo o perfil. //

// Os teores de K disponível no solo diminuíram com doses crescentes de superfosfatos em ensaios realizados com plantas cítricas em diferentes estágios de crescimento (24, 64, 66, 43). Neste trabalho, não se constatou alteração nos teores de K, mesmo nos maiores níveis de superfosfato simples. Provavelmente a relação negativa entre o P e o K existente no solo, conforme NICOLI (43), foi compensada pela menor lixiviação do K aplicado em cobertura, proporcionada pelo aumento da CTC do solo com o ligeiro aumento do pH, ou à ocupação das cargas positivas pelo Ca liberando o K para a solução do solo, como foi proposto por BUENO (17). //

Os efeitos do calcário dolomítico tendendo a aumentar os teores de K somente foram observados na aplicação incorporada, pois nesta as dosagens foram maiores e o fertilizante foi mais distribuído, ocorrendo maior reação com o solo. Neste caso, além do efeito indireto do pH, a maior disponibilidade do K parece ser devida a uma maior liberação para a solução do solo, pela ocupação das cargas positivas pelo Ca e o Mg, MALAVOLTA (36) e SANCHEZ (62). Este resultado difere dos observados por VIEITEZ et alii (77) e SILVA (64), que obtiveram efeito contrário nos teores de K com o uso de calcário e CaCO_3 puro, respectivamente.

Acréscimos nos teores de Ca no substrato foram observados por diversos autores com a adição de níveis crescentes de superfosfatos (17, 24, 43, 64, 66) e de calcários ou CaCO_3 puro (24, 28, 42, 45, 64, 77, 80). Neste trabalho, os resultados concordam com os citados anteriormente, tendo havido tendência a elevar-se os teores de Ca^{++} nas amostras do substrato, tanto com o aumento dos níveis de superfosfato simples quanto os de calcário dolomítico, e isto se deve à presença deste nutriente em quantidades expressivas nestes fertilizantes.

Os maiores teores de Ca^{++} no substrato, obtidos com a aplicação incorporada do superfosfato simples e do calcário dolomítico em relação aos observados na aplicação localizada, já eram esperados, pois no primeiro método as dosagens foram maiores do que no segundo. A maior eficiência do superfosfato simples em aumentar os teores de Ca^{++} no substrato confirma que neste o Ca é mais solúvel que no calcário já que as dosagens foram calculadas de maneira a fornecerem quantidades equivalentes de CaO, MALAVOLTA (36).

Resultados descritos por diversos autores (24, 43, 64, 66) demonstram elevações nos teores de Mg^{++} nos substratos cultivados com plantas cítricas, com o uso de adubos fosfatados. Neste trabalho, apesar de não ter havido diferenças entre as médias, observa-se que, principalmente na aplicação incorporada, os valores obtidos com a aplicação do superfosfato simples foram ligeiramente maiores que os observados no tratamento não adubado. //

Quanto ao calcário dolomítico, o aumento nos teores de Mg^{++} com a adição de doses crescentes já era esperado, devido à

presença expressiva de Mg neste fertilizante, concordando com os resultados observados por OLIVEIRA (45) e VIEITEZ et alii (77). Além disto, pode ter ocorrido efeito indireto do pH, pois SILVA (64) obteve também acréscimos nos teores de Mg no substrato aplicando CaCO_3 puro em vasos cultivados com o limoeiro 'Cravo'. No presente trabalho, este efeito foi mais pronunciado na aplicação incorporada, devido às maiores dosagens utilizadas neste método. Os menores teores de Mg^{++} no substrato com o uso do superfosfato simples em comparação com o calcário dolomítico, são devidos à pouca alteração dos teores deste nutriente no solo, com a adição do primeiro fertilizante.

Tanto o superfosfato simples quanto o calcário dolomítico foram eficientes em diminuir o Al^{+++} do solo, sendo este efeito mais pronunciado à medida que cresceram os níveis. Estes resultados concordam com os obtidos por BUENO (17) e NICOLI (43) com o uso de superfosfatos, por OLIVEIRA (45) e VIEITEZ et alii (77) com o uso de calcários, e por SILVA (64) aplicando CaCO_3 puro nos substratos.

As maiores reduções nos teores de Al^{+++} no substrato, observadas com a aplicação incorporada em relação à localizada, se devem às maiores dosagens e maiores contatos com as partículas do solo proporcionados pelo primeiro método, principalmente do calcário dolomítico que no primeiro nível já reduziu substancialmente os teores deste elemento. Estes resultados concordam com diversos autores (16, 33, 39, 48, 54, 55, 79) que recomendam a aplicação incorporada deste corretivo para facilitar as reações de neutralização. Os maiores efeitos na diminuição do Al^{+++} proporcionados

pelo calcário dolomítico em relação ao superfosfato simples se deve provavelmente, à presença de Mg, além do Ca, havendo maiores precipitações na forma $\text{Al}(\text{OH})_3$, MALAVOLTA (36).

As tendências em elevar o pH do substrato com o aumento dos níveis de superfosfato simples nos dois métodos de aplicação, observados neste trabalho, concordam com os resultados descritos por diversos autores, referentes à adição de P em plantas cítricas (17, 43, 64, 66). Entretanto, estes efeitos foram mais marcantes pelo uso do calcário dolomítico, principalmente na aplicação incorporada, onde as dosagens foram maiores e o fertilizante estava mais em contato com o solo, favorecendo as reações de neutralização. Estes resultados concordam com os obtidos por diversos autores, com a adição de calcários e CaCO_3 puro aos substratos cultivados com diferentes espécies de plantas (28, 42, 45, 64, 80).

A elevação do pH em decorrência da adição do calcário dolomítico ocorreu devido à neutralização dos íons H^+ pelas bases CO_3^{--} liberadas dos carbonatos, e pela diminuição de sua nova adição ao meio, pelas reações da água com o Al^{+++} , pois este é precipitado pelas hidroxilas liberadas pelo Ca e pelo Mg presentes neste corretivo, MALAVOLTA (36).

A maior eficiência do calcário dolomítico em elevar o pH do substrato em relação ao superfosfato simples, ocorreu provavelmente, devido à presença de Ca e Mg e da elevação nos teores de K, principalmente na aplicação incorporada do primeiro fertilizante. A presença destes elementos básicos em quantidades suficientes nos solos, dificulta suas substituições por componentes áci

dos como H^+ , Al^{+++} e Mn^+ . // Além disto, apesar de ter proporcionado maiores teores de Ca^{++} no solo, o uso do superfosfato simples não alterou muito o pH devido a este elemento não estar na forma de carbonatos, e pelas ações acidificantes do íon PO_4^{--} e do S presente neste fertilizante, já que este nutriente é também recomendado para a correção da alcalinidade dos solos, RASMUSSEN & SMITH (58) e MALAVOLTA (37). //

// A diminuição na concentração de N na m.s. de diferentes partes de plantas cítricas, com a adição de adubos fosfatados, tem sido observada por diversos autores (24, 43, 60, 64, 66). //

// Neste trabalho, o aumento dos níveis de superfosfato simples na aplicação incorporada provocou diminuição na concentração de N na m.s. total das plantas, somente até determinado ponto, a partir do qual ocorreu efeito inverso. Este comportamento é decorrente do fato de que os acréscimos no acúmulo de m.s., provocados pelo aumento dos níveis de superfosfato simples, não foram acompanhados por elevações suficientes na quantidade absorvida, havendo assim diluição nos teores deste nutriente até o ponto de máximo crescimento. A partir deste ponto, o acréscimo nos níveis de superfosfato simples proporcionou diminuição no acúmulo de m.s., sendo esta mais acentuada que o decréscimo provocado na absorção do N, ocorrendo conseqüentemente concentração deste nos tecidos das plantas. Este efeito de diluição, proporcionado pelo acréscimo no acúmulo de m.s. não acompanhado pelo mesmo acréscimo na absorção de N, foi também observado em plantas cítricas em fase inicial de crescimento por NICOLI (43). Neste trabalho, como as quantidades de N fornecidas às plantas foram as mesmas para todos os

tratamentos, provavelmente nos maiores crescimentos das plantas a quantidade de N disponível passou a ser insuficiente para manter a mesma taxa de absorção, tanto que, com a diminuição no crescimento proporcionada pelos níveis excessivos de superfosfato simples, o decréscimo provocado na absorção de N não foi tão intenso. //

Na aplicação localizada do superfosfato simples, os acréscimos nas quantidades de N absorvidas por planta foram sempre mais que suficientes para acompanhar o crescimento da planta (quantidade no solo foi suficiente), e após o ponto de máximo crescimento, como no outro método de aplicação, o decréscimo no acúmulo de m.s. foi mais drástico que a diminuição provocada na absorção de N, havendo sua concentração nos tecidos.

Para o calcário dolomítico na aplicação incorporada, o crescimento também não foi tão intenso, ocorrendo o mesmo efeito relatado para o superfosfato simples em aplicação localizada, até determinado nível. As elevações nas dosagens acima deste nível, provocaram efeitos depressivos no crescimento das plantas mas este efeito foi mais drástico na absorção de N, fazendo com que a concentração deste na m.s. diminuísse. Esta queda acentuada na absorção de N foi provocada possivelmente por desequilíbrio metabólico causado por altas concentrações de Ca pois, segundo MALAVOLTA (36), algumas espécies de plantas são incapazes de absorver determinadas quantidades de nitratos na presença de altos teores de Ca no substrato, e neste trabalho o N foi adicionado ao solo na forma de nitrato de potássio. Diminuições nas concentrações de N em limoeiros 'Cravo' foram também observadas por SILVA (64) com

a adição de níveis crescentes de CaCO_3 puro ao substrato.

// As menores concentrações médias de N na m.s. total das plantas obtidas na aplicação incorporada dos dois fertilizantes, e também quando se utilizou o superfosfato simples em vez do calcário dolomítico, se devem também provavelmente a efeitos de diluição, pois nestas foram observados maiores acúmulos de m.s. Ademais, além de possuir o Ca que interfere na absorção de N, o uso do superfosfato simples possivelmente possibilitou a correlação negativa entre o P e o N que ocorre no solo, segundo Naude (1963) citado por RIVERO (57). //

// Os teores de N na m.s. total das plantas, observados neste trabalho, estão bem abaixo dos níveis considerados ótimos por SMITH (67) em folhas de 4 a 7 meses obtidas de ramos terminais não frutíferos de plantas cítricas. Também são inferiores aos observados na m.s. total das plantas que apresentaram maiores crescimentos vegetativos aos seis meses pós-semeadura, nos trabalhos realizados por NICOLI (43) e SILVA (64), aproximando-se mais do obtido por BUENO (17), que foi em torno de 1,81%. Estas diferenças se devem às variações no crescimento com maior ou menor diluição, além das condições de cultivo, como densidade, adubação nitrogenada e características de solo de cada experimento. //

Os acréscimos lineares nos teores de P na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura, com a adição de níveis crescentes de superfosfato simples, concordam com os resultados descritos por diversos autores, tanto na m.s. de folhas em plantas cítricas adultas quanto na m.s. total de plântulas (17, 19, 43, 60, 64, 66, 81), e foram proporcionados pelos au -

mentos nos teores deste nutriente no solo, conforme discutido anteriormente.

Entre os métodos de aplicação, as maiores concentrações de P na m.s. total das plantas, proporcionadas pela aplicação incorporada do superfosfato simples em relação à localizada, se devem às maiores dosagens e maiores contatos do íon com as raízes. Estando o fertilizante mais distribuído no substrato, ficou mais favorável a absorção do P pois, segundo OLSEN et alii (46), a taxa de absorção de P pelas raízes das plantas no solo é diretamente proporcional à concentração do P na superfície da raiz.

Trabalhando com diferentes espécies em fase inicial de crescimento, diversos autores relatam que a adição de níveis crescentes de calcários e CaCO_3 puro ao substrato não elevaram a concentração de P na m.s. total das plantas (21, 45, 64). Neste trabalho, a adição de calcário dolomítico no método localizado não alterou a concentração do P no solo nem na m.s. total das plantas, concordando com os resultados obtidos pelos autores citados. Na aplicação incorporada, entretanto, houve aumento na concentração até certo nível de calcário dolomítico, a partir do qual a concentração do P diminuiu. Isto indica que a adição do calcário dolomítico totalmente distribuído ao substrato favoreceu levemente a absorção do P, provavelmente pela ação do Mg, presente neste corretivo, que atua como "carregador" do P, interferindo em sua absorção e translocação dentro da planta (34, 36, 41), concordando com os resultados obtidos por SPENCER (68) em pomeleiros adultos. Nas dosagens mais elevadas, provavelmente pelo efeito indireto do pH, houve diminuição na disponibilidade de P, pois nestas condi-

ções (pH = 6,5) são favorecidas as reações de precipitação do P da solução como fosfatos de cálcio de menor disponibilidade, concordando com os resultados obtidos por CHANDRA et alii (18) em plântulas de limoeiro 'Rugoso' e MORAIS et alii (42) em cacaueiros, ambos em vasos.

Somente para os tratamentos que receberam superfosfato simples é que os teores de P estão dentro dos limites considerados ótimos por SMITH (65) em folhas de 4 a 7 meses de plantas cítricas, que vão de 0,12 a 0,16%. Comparando com os trabalhos realizados com o limoeiro 'Cravo' até a repicagem, constata-se que os teores de P observados na m.s. total das plantas neste trabalho, quando se aplicou o superfosfato simples, foram bem maiores que os observados por NICOLI (43) e SILVA (64), aproximando-se mais dos obtidos por BUENO (17), quando as plantas apresentaram maiores crescimentos, em torno de 0,14%.

As diminuições observadas nos teores de K na m.s. total das plantas com o aumento dos níveis de superfosfato simples, principalmente na aplicação incorporada, caracterizam efeitos de diluição, pois o ponto de mínimo na concentração de K coincide com o nível onde foi observado maior acúmulo de m.s. total das plantas, concordando com os resultados obtidos por BUENO (17), com diferentes porta-enxertos cítricos.

A aplicação de Ca ao solo pode favorecer a absorção e a concentração de K, como foi observado por SILVA (64) em limoeiros 'Cravo' adubados com CaCO_3 puro. Entretanto, doses elevadas deste nutriente podem inibir a absorção de K, havendo conseqüentemente a diminuição dos teores, como foi observado por Spencer &

Koo (1962) citados por SILVA (64), em plantas cítricas adultas, e por OLIVEIRA (45) em plântulas de mamoeiro cultivadas em vasos. Este último autor atribuiu este efeito ainda à presença do Mg^{++} que também possui inibição competitiva com o K, e teve seus teores aumentados no solo devido à utilização do calcário dolomítico como fonte de Ca. Neste trabalho não se observou diferenças entre os níveis quando se aplicou o calcário dolomítico, mas os teores médios na aplicação localizada foram ligeiramente menores que na incorporada, e isto foi provavelmente devido ao menor crescimento de raízes e conseqüentemente menor absorção de K na aplicação localizada, além da alta concentração de Ca^{++} e Mg^{++} junto às raízes.

Os teores de K observados na m.s. total das plantas, neste trabalho, estão abaixo dos níveis considerados ótimos por SMITH (65) em folhas de 4 a 7 meses de plantas cítricas adultas, que variam de 1,2 a 1,7%, principalmente quando se aplicou o superfosfato simples. Comparando os teores de K observados na m.s. total das plantas neste trabalho, com os obtidos nos resultados de maiores crescimentos do limoeiro 'Cravo' até a repicagem, observa-se que foram ligeiramente menores que os observados por BUENO (17), aproximando-se mais dos obtidos por NICOLI (43) e SILVA (64), que foram 0,85 e 0,90% respectivamente.

Os acréscimos nos teores de Ca na m.s. total das plantas observados neste trabalho, com a adição de níveis crescentes de superfosfato simples nos dois métodos de aplicação, concordam com os resultados descritos por diversos pesquisadores, tanto nas plantas cítricas adultas quanto na fase inicial de formação (17,

24, 43, 60, 64, 66, 81). Estes resultados decorrem da elevada proporção de Ca presente nos superfosfatos e das elevações nos teores deste nutriente observadas nos substratos.

Os usos de calcários e CaCO_3 puro também concorreram para aumentar os teores de Ca na m.s. das folhas de pomeleiros e na m.s. total de plântulas de cacaueiros e limoeiros 'Cravo' em vasos, segundo observaram respectivamente SPENCER (68), MORAIS et alii (42) e SILVA (64). Neste trabalho, entretanto, somente na aplicação incorporada do calcário dolomítico observou-se aumentos nestes teores e isto ocorreu somente até determinado nível, a partir do qual houve tendência a ocorrer diminuição, que provavelmente foi resultante da alta concentração de Mg^{++} presente, MALAVOLTA (36).

As diferenças observadas nos teores de Ca entre os métodos de aplicação, demonstram que, tanto para o superfosfato simples quanto para o calcário dolomítico, a aplicação incorporada, pela sua melhor distribuição do fertilizante e pelas maiores dosagens, proporcionou maior disponibilidade deste nutriente às plantas, havendo portanto maiores absorções e concentrações nos tecidos.

Os maiores teores de Ca observados nas plantas adubadas com o superfosfato simples em comparação com o calcário dolomítico, devem-se à maior disponibilidade do Ca no solo com o uso do primeiro fertilizante, conforme discutido anteriormente, e também a um maior equilíbrio nutricional, favorecendo a absorção do Ca e o crescimento. Estes resultados concordam com os observados por OLIVEIRA (45) e SPENCER (68), onde os superfosfatos triplo e

simples foram mais eficientes que o calcário em aumentar a concentração de Ca na m.s. das plantas. //

Neste trabalho, os teores de Ca na m.s. total das plantas foram bem inferiores aos limites considerados ótimos por SMITH (65) em folhas cítricas de 4 a 7 meses, que vão de 3,0 a 4,5%. Este fato pode ser explicado pelo uso nas análises do extrator metanol-ácido sulfúrico-água oxigenada, com o qual se obtém menores percentagens do que com o extrator nitro-perclórico, SAR- RUGE & HAAG (63). Nos tratamentos adubados com superfosfato simples, os teores aproximaram-se mais dos valores obtidos em plantas de maiores crescimentos nos trabalhos de BUENO (17) e SILVA (64), que foram respectivamente 1,14% e 1,35%, enquanto que nos tratamentos que receberam calcário dolomítico os teores foram mais próximos do obtido por NICOLI (43), em torno de 0,69%. Todos estes autores citados trabalharam com o limoeiro 'Cravo', e as análises foram realizadas com base na m.s. total das plantas aos seis meses pós-semeadura, utilizando a mesma metodologia usada neste trabalho. //

Alterações nos teores de Mg com o uso de diferentes fontes de P são descritas por diversos autores, em plantas cítricas adultas e em fase inicial de crescimento (17, 64, 66, 81). Entretanto, neste trabalho não foram observados aumentos nem diminuições nos teores de Mg na m.s. total das plantas com o aumento dos níveis de superfosfato simples, concordando com os resultados obtidos por SAITO & YAMAMOTO (60) trabalhando com laranjeira 'Satsuma' em cultura de areia, e NICOLI (43) utilizando o limoeiro 'Cravo' em vasos.

Aumentos nos teores de Mg na m.s. total de plântulas de mamoeiro foram observados por OLIVEIRA (45), aplicando níveis crescentes de calcário dolomítico. No presente trabalho, as diferenças mais marcantes foram observadas na aplicação localizada do calcário dolomítico, onde ocorreu pouco crescimento das raízes e estas ficaram em uma região com alta concentração do corretivo, mostrando que, diferentemente do ocorrido com o Ca, a absorção do Mg foi tanto maior quanto maior foi sua disponibilidade no substrato.

Os maiores teores médios de Mg obtidos nas plantas adubadas com o calcário dolomítico, em relação às que receberam superfosfato simples, são devidos à presença deste nutriente no primeiro fertilizante, e à pequena elevação dos teores no solo com a adição do superfosfato simples, conforme discutido anteriormente.

Para os tratamentos que receberam calcário dolomítico, os teores de Mg na m.s. total das plantas foram superiores aos limites ótimos em folhas de 4 a 7 meses que, conforme SMITH (65), variam de 0,30 a 0,49%. Nos maiores níveis de calcário dolomítico em aplicação localizada, os teores foram maiores que o limite acima do qual o mesmo autor considera em excesso, que é em torno de 0,60%. Estes teores foram bem maiores também que os observados nas plantas com maiores crescimentos nos trabalhos de BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64), que foram respectivamente 0,15, 0,10 e 0,11%. Entretanto, para os tratamentos que receberam superfosfato simples, os teores de Mg na m.s. total das plantas foram bem próximos aos obtidos por estes autores.

// Os acréscimos lineares observados nos teores de S na

m.s. total das plantas com o aumento dos níveis de superfosfato simples, principalmente na aplicação incorporada onde as dosagens foram maiores, concordam com os resultados descritos por BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64), que realizaram trabalhos com o limoeiro 'Cravo' até a repicagem, utilizando tanto o superfosfato simples quanto o superfosfato triplo. Além da presença deste nutriente nestes fertilizantes, esta grande elevação em seus teores pode ter sido favorecida pela presença do P e do Ca e uma possível atividade microbiana do solo, liberando-o para as plantas, conforme proposto por BUENO (17). //

A fixação do sulfato em solos ácidos é maior, e segundo MALAVOLTA (36) pode ser diminuída pela calagem, pois a adição de OH^- pelo aumento do pH libera o SO_4^{--} adsorvido. Provavelmente por esta razão é que o uso do calcário dolomítico neste trabalho, apesar de não ter apresentado diferenças entre os níveis, favoreceu levemente a concentração de S na m.s. das plantas comparando-se com o tratamento não adubado, principalmente na aplicação incorporada, onde as dosagens foram maiores e houve maior homogeneização com o solo. As condições de pH entre 6,0 e 8,0, são melhores para os organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica havendo liberação de S e outros elementos, e a adição do calcário dolomítico conforme discutido anteriormente contribuiu para a alcalinização do substrato. Entretanto, o calcário dolomítico foi menos eficiente que o superfosfato simples em elevar os teores de S na m.s. total das plantas, pois este último fertilizante possui quantidade expressiva deste nutriente em sua constituição.

// Somente nas maiores dosagens de superfosfato simples é que os teores de S, na m.s. total das plantas, estão dentro dos limites considerados ótimos em folhas cítricas de 4 a 7 meses por Cohen (1976), citado por OGATA (44), que vão de 0,20 a 0,39%. Este resultado concorda com o obtido no trabalho realizado por SILVA (64), aplicando doses crescentes de superfosfato simples em limoeiros 'Cravo' cultivados em vasos. //

// A tendência em diminuir os teores de B na m.s. total das plantas com o aumento dos níveis de superfosfato simples, observada neste trabalho, principalmente na aplicação incorporada, concorda com os resultados descritos por diversos autores (17, 43, 64, 68), utilizando diferentes fontes de P em plantas cítricas adultas e em fase inicial de crescimento, e sob diferentes condições de cultivo. //

// A possível causa da diminuição nos teores de B nas plantas com o aumento das doses de superfosfatos foi, segundo BUENO (17) e SILVA (64), consequência da inibição competitiva entre o P presente nestes fertilizantes e o B existente no solo, já que ambos são absorvidos como anions. //

O efeito da inibição do P na absorção do B, somente foi observado, entretanto, nas maiores dosagens do superfosfato simples, já que em todas elas os teores foram maiores que o obtido no tratamento não adubado e nos que receberam calcário dolomítico. Isto mostra que o P foi importante no equilíbrio nutricional das plantas, favorecendo a absorção do B e conseqüentemente o crescimento, pois este nutriente atua na divisão celular, transporte de carboidratos e expansão das células, MALAVOLTA (36) e

MENGEL & KIRKBY (41).

// Os teores de B na m.s. total das plantas, observados neste trabalho, estão abaixo dos limites considerados ótimos em folhas cítricas de 4 a 7 meses, que segundo SMITH (65) vão de 36 a 100 ppm. Entretanto, estão acima dos obtidos nas plantas de maiores crescimentos, em trabalhos realizados com o limoeiro 'Cravo' até a fase de repicagem por BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64), que foram em torno de 20 ppm, principalmente nos tratamentos adubados com o superfosfato simples. //

Menores teores de Cu na m.s. de folhas de plantas cítricas adultas são descritos por BINGHAM & MARTIN (11) e SPENCER (68), e em fase inicial de crescimento por TIMMER & LEYDEN (72), quando foram adicionadas ao substrato doses crescentes de adubos fosfatados.

// No presente trabalho, não foram observadas diferenças nos teores de Cu na m.s. total das plantas, com o aumento dos níveis de superfosfato simples nos dois métodos de aplicação, mas estes tenderam a apresentar menores valores que os obtidos no tratamento não adubado, provavelmente devido aos maiores crescimentos. As divergências dos resultados obtidos dos relatados na literatura podem ser devido à natureza do substrato utilizado onde os teores de Zn eram possivelmente altos.

A elevação do pH diminui a disponibilidade de Cu no solo segundo MALAVOLTA (36), e menores teores deste nutriente na m.s. de diversas espécies foram constatados com a adição de níveis crescentes de calcários ou CaCO_3 puro aos substratos (10,21,

42, 64, 68). No presente trabalho, entretanto, os teores de Cu na m.s. total das plantas, aos seis meses pós-semeadura, não apresentaram diferenças com o aumento nas doses de calcário dolomítico, ficando bem próximos do valor obtido no tratamento não adubado. Estes estão também dentro dos limites considerados ótimos em folhas cítricas de 4 a 7 meses, que conforme SMITH (65), variam de 5 a 12 ppm, e dos obtidos nas plantas de maiores crescimentos nos trabalhos realizados por BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64).

// O efeito quadrático constatado neste trabalho, para os teores de Mn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo', em função dos níveis de superfosfato simples nos dois métodos de aplicação, estão de acordo com o resultado observado por BUENO (17) com a adição de superfosfato triplo em diferentes porta-enxertos cítricos. Este efeito provavelmente se deve à diluição dos teores deste nutriente nos tecidos, com o maior crescimento provocado nas plantas, pois, assim como no trabalho realizado por BUENO (17), houve tendência a aumentarem as concentrações quando as plantas apresentaram decréscimos no crescimento. Efeito semelhante foi constatado por NICOLI (43) e SILVA (64), mas estes autores somente observaram efeito de diluição, pois as plantas cresceram até o nível máximo de P aplicado. //

Quanto aos efeitos do calcário dolomítico observa-se que, apesar de não terem sido significativos, houve tendência a diminuir também os teores de Mn na m.s. total das plantas com o aumento dos níveis, concordando com os resultados obtidos com a adição de calcários ou similares em diversas espécies de plantas (9, 21, 42, 53, 64, 68). Este efeito provavelmente se deve à ele-

vação do pH do substrato que, conforme MALAVOLTA (36), provoca uma menor disponibilidade de Mn às plantas.

Entre os métodos de aplicação, os menores teores de Mn proporcionados pela aplicação incorporada do calcário dolomítico, em relação à aplicação localizada, não decorrentes também do efeito indireto sobre o pH, pois, conforme discutido anteriormente, a elevação destes valores na aplicação incorporada foi mais drástica que na localizada.

Assim como a maioria dos solos de Cerrado, provavelmente o solo utilizado neste experimento possuía também altos teores iniciais de Mn, e como o superfosfato simples não alterou suficientemente o pH, as plantas adubadas com este fertilizante apresentaram altos teores de Mn na m.s. total em decorrência da alta concentração no substrato. Estes teores estão acima dos limites considerados ótimos por SMITH (65) em folhas cítricas de 4 a 7 meses, que vão de 25 a 49 ppm. Entretanto, BUENO (17), NICOLI (43) e SILVA (64) trabalhando com o mesmo porta-enxerto obtiveram, no ponto de máximo crescimento, elevadas concentrações de Mn sendo estas respectivamente 81, 116 e 98 ppm.

Os efeitos de altas concentrações de P na diminuição dos teores de Zn nas plantas foram discutidos por OLSEN et alii (46) como interações no solo, na translocação e funções dentro da planta e efeito de diluição, e foram constatados por diversos autores em plantas cítricas adultas e em fase inicial de crescimento (11, 17, 43, 64, 68). No presente trabalho, entretanto, observou-se que os teores de Zn na m.s. total das plantas somente variaram entre os métodos de aplicação, apresentando maiores valores

na aplicação incorporada do superfosfato simples, na qual foi obtido maior crescimento de plantas e onde o P foi adicionado em maior quantidade e mais distribuído, o que deveria favorecer a interação com o Zn.

Os resultados obtidos com a aplicação do calcário dolomítico também não concordam com os descritos em literatura, onde a elevação do pH, proporcionada pela adição destes corretivos, provocou a diminuição da disponibilidade de Zn no solo e consequentemente menores concentrações nos tecidos das plantas, MORAIS et alii (42) e SPENCER (68). Estes teores foram maiores na aplicação incorporada do calcário dolomítico, justamente onde se observou os maiores crescimentos.

Para todos os tratamentos, os teores de Zn observados na m.s. total das plantas estão abaixo dos níveis considerados ótimos em folhas cítricas de 4 a 7 meses, obtidas de ramos terminais não frutíferos que, segundo SMITH (65), variam de 25 a 49 ppm. Entretanto, aproximam-se dos resultados observados nas plantas com maiores crescimentos vegetativos, nos trabalhos realizados por NICOLI (43) e SILVA (64), em torno de 16 ppm.

As respostas no crescimento de plantas cítricas, em diferentes fases e diferentes condições de cultivo, à adição de adubos fosfatados, foram observadas por diversos autores (17, 43, 60, 64, 66, 68, 81), confirmando a grande importância do P para a nutrição destas plantas.

Na fase inicial de produção de mudas as respostas dependem, além de fatores do solo e variedades, das condições climá

ticas como precipitação, luminosidade e temperatura. No presente trabalho, observou-se que nos últimos dois meses de cultivo as plantas tiveram acréscimos médios em altura, cerca de 40% do total alcançado até os seis meses. Isto provavelmente foi bastante influenciado pelas condições climáticas locais, principalmente as temperaturas do solo e do ar que, como se observa no Quadro 4A, tenderam a aumentar gradativamente durante o período de cultivo.

Os efeitos do superfosfato simples nas alturas de plantas foram notados já aos quatro meses pós-semeadura, principalmente quando se aplicou no método incorporado. Neste caso, observa-se que nos dois maiores níveis de superfosfato simples aproximou-se da altura de repicagem que é em torno de 10 cm, segundo TEÓFILO SOBRINHO (69).

Trabalhando com o limoeiro 'Cravo' em casa de vegetação, NICOLI (43) e SILVA (64) obtiveram respostas no crescimento vegetativo das plantas aos seis meses pós-semeadura até o nível máximo de P aplicado, que para ambos foi de 1280 g de P_2O_5 por m^3 de substrato. Neste trabalho, como foram utilizados níveis maiores, observou-se que, com excessão para o comprimento de raízes, as respostas em relação ao crescimento vegetativo podem ser obtidas até a dosagem média de 2.658 g de superfosfato simples por parcela, que corresponde a 3.724 g de P_2O_5 por m^3 de substrato.

Em sementeira cítrica, aplicando superfosfato triplo localizado no sulco de plantio, BUENO (17) observou resposta quadrática no crescimento vegetativo do limoeiro 'Cravo' e outros porta-enxertos cítricos aos seis meses pós-semeadura, havendo aumentos nos valores até 583 ppm de P, a partir do qual houve efei-

to depressivo. No presente trabalho, observa-se também que na aplicação localizada do superfosfato simples as respostas para as alturas de plantas, pesos de m.s. da parte aérea, de raízes e total aos seis meses pós-semeadura, foram máximas na dosagem média de 832 g de superfosfato simples por parcela, que corresponde a 52,5 g de P_2O_5 por metro linear ou aproximadamente 520 ppm de P. Nesta dosagem, o acréscimo médio para as características de crescimento citadas, em relação à testemunha, foi de 922%, enquanto que na aplicação incorporada a dosagem de maior crescimento médio proporcionou valores cerca de 1.580% maiores que os obtidos no tratamento não adubado.

A maior eficiência da aplicação localizada de fertilizantes fosfatados, em relação às aplicações onde estes são colocados em contato com maiores quantidades de solo, é decorrente da menor fixação do P proporcionada pelo primeiro método (10, 27, 32, 55, 75, 81). Alguns autores trabalhando com culturas anuais (2, 29, 51), relatam também maiores efeitos no crescimento das plantas quando a adubação é realizada colocando-se o fertilizante de maneira localizada, mas estes trabalhos referem-se a utilizações de quantidades iguais de fertilizantes nos diferentes métodos de aplicação.

Neste trabalho, comparando-se os resultados entre os métodos de aplicação, observa-se que a aplicação incorporada do superfosfato simples, apesar de requerer quantidade de fertilizante por parcela cerca de 3,0 vezes maior que a aplicação localizada, proporcionou valores máximos de alturas de plantas, pesos de m.s. da parte aérea, de raízes e total aos seis meses pós-semeadu-

ra, cerca de 1,64 vezes maiores que os máximos proporcionados pela aplicação localizada. Isto indica que, com a distribuição mais uniforme e em quantidades suficientes de fertilizantes ao substrato proporcionados pela aplicação incorporada, houve maior desenvolvimento de raízes, e conseqüentemente maior absorção de água e nutrientes, concordando com as afirmações de GOEDERT & SOUZA (27). Além disto, pode ter havido diluição do possível efeito tóxico de altas concentrações do íon PO_4^{---} . Assim, a aplicação incorporada do superfosfato simples, apesar de requerer maiores dosagens, foi mais eficaz em fornecer os nutrientes às plantas do que a aplicação localizada. As plantas então desenvolveram melhor seus potenciais de crescimento vegetativo, alcançando valores que não puderam ser obtidos na aplicação localizada, mesmo com aumentos maiores nas dosagens.

Por outro lado, observou-se que para se obter o mesmo crescimento médio proporcionado pelos pontos de máximos na aplicação localizada, necessita-se de cerca de 32% a mais do superfosfato simples por parcela se este for aplicado de maneira incorporada, o que concorda com os autores citados anteriormente relacionando-se à maior eficiência da aplicação localizada de fertilizantes fosfatados solúveis.

As diminuições nos valores de crescimento vegetativo aos seis meses pós-semeadura, observados a partir de determinado nível de superfosfato simples nos dois métodos de aplicação, devem-se provavelmente aos distúrbios metabólicos causados pelo excesso dos nutrientes presentes nestes fertilizantes, conforme observou BUENO (17), e também à redução na concentração de - raízes

absorventes devido ao efeito tóxico do íons PO_4^{---} que ocorre em altas concentrações de adubos fosfatados, segundo observaram RASMUSSEN & SMITH (56) e SPENCER (68), com outras espécies cítricas tanto no campo quanto em vasos. Nos maiores níveis de superfosfato simples, os teores de P e Ca no substrato foram acima dos níveis considerados altos segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (20).

O comprimento de raízes foi o único parâmetro de crescimento avaliado que não apresentou diferenças entre os métodos de aplicação para o superfosfato simples. Este fato se deve às limitações das condições experimentais, que somente possibilitaram a retirada das raízes até aproximadamente 30 cm, que foi a profundidade da sementeira. Provavelmente em outras condições a aplicação incorporada, pela maior dosagem e melhor distribuição do fertilizante, proporcionaria a obtenção de sistema radicular mais profundo, visto que em relação ao peso de m.s. das raízes as diferenças entre os métodos de aplicação foram significativas.

Apesar de proporcionar maiores crescimentos, principalmente do sistema radicular, em algumas espécies, conforme MORAIS et alii (42) e WHITE JR. (80), a adição de calcários ou similares apresenta maiores efeitos quanto associada com outros fertilizantes. principalmente fornecedores de P, OLIVEIRA (45) e SPENCER (68). Neste trabalho, apesar dos acréscimos promovidos nos valores de pH com a adição do calcário dolomítico nos dois métodos de aplicação, observa-se que as plantas não tiveram aumentos significativos nos valores de crescimento vegetativo, pois apresentaram-se deficientemente nutridas principalmente em relação ao P, que

não teve seus teores aumentados no solo.

Acréscimos nas alturas de plantas e pesos de m.s. total de limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura foram observados por SILVA (64), com a adição de níveis crescentes de CaCO_3 puro ao substrato somente até determinado nível, a partir do qual ocorreram efeitos depressivos. Estes efeitos se devem, segundo diversos autores (9, 21, 36, 42), à redução na absorção de outros nutrientes, principalmente devido à alterações no pH. Neste trabalho, houve uma ligeira tendência a aumentarem os valores de crescimento vegetativo das plantas na aplicação incorporada do calcário dolomítico, mas nos níveis mais elevados, assim como no outro método de aplicação ocorreram efeitos depressivos no crescimento, apesar de não terem sido observados grandes decréscimos nos teores de nutrientes na m.s. total das plantas.

Entre os métodos de aplicação, os efeitos do calcário dolomítico somente foram diferentes para altura de plantas aos quatro e seis meses e comprimento de raízes aos seis meses pós-semeadura, apresentado menores valores na aplicação localizada. Na aplicação incorporada, apesar das dosagens elevadas, o calcário foi mais distribuído ao solo, enquanto que na aplicação localizada houve maiores efeitos depressivos, principalmente nos maiores níveis, sendo o comprimento de raízes linearmente menor. Este efeito no comprimento de raízes foi devido principalmente às reações cáusticas proporcionadas pelas altas concentrações de óxidos junto às raízes, ALCARDE (1). Isto foi constatado visualmente pela observação das raízes após o desplantio, apresentando morte dos meristemas apicais com emissões de novas raízes laterais, fa-

zendo com que as diferenças entre os pesos de m.s. não fossem tão evidentes.

Os menores efeitos do calcário dolomítico, para todas as características de crescimento vegetativo avaliadas, em comparação com o superfosfato simples, se devem principalmente à inexistência de P em sua constituição, bem como à não elevação dos teores deste nutriente no solo com a sua aplicação. Além disto, houve maior disponibilidade de Ca no solo com o uso do superfosfato simples e as plantas que receberam este fertilizante apresentaram maiores teores de P, Ca, S e B na m.s. total, que as adubadas com o calcário dolomítico.

6. CONCLUSÕES

Levando-se em consideração as condições em que foi conduzido este experimento, as avaliações realizadas permitiram as seguintes conclusões:

1. A adubação com o calcário dolomítico não promoveu a crêscimo no crescimento dos limoeiros 'Cravo', mesmo nas maiores dosagens e na aplicação incorporada, devido à limitações no aspecto nutricional, principalmente em relação ao P.

2. O uso de doses crescentes de superfosfato simples favoreceu a disponibilidade de P e Ca^{++} e diminuiu os teores de Al^{+++} no substrato, proporcionando maiores alturas de plantas e a cúmulos de m.s. de raízes e da parte aérea aos seis meses pós-semeadura.

3. A homogeneização do fertilizante fosfatado ao substrato através da aplicação incorporada, possibilitou respostas das plantas a maiores dosagens que na aplicação localizada, cujos valores máximos de crescimento foram em média 1,64 vezes menores que os obtidos no primeiro método de aplicação.

X 4. Na aplicação incorporada do superfosfato simples, os maiores crescimentos de plantas foram obtidos na dosagem média de 2.650 gramas de superfosfato simples por parcela, que corresponde a 3.724 gramas de P_2O_5 por m^3 de substrato, quando se constatou os seguintes teores de nutrientes na m.s. total: 1,35% para o N, 0,18% para o P, 0,58% para o K, 1,46% para o Ca, 0,12% para o Mg, 0,35% para o S, 27,48 ppm para o B, 5,83 ppm para o Cu, 50,41 ppm para o Mn e 13,63 ppm para o Zn.

5. Na aplicação localizada do superfosfato simples, os maiores crescimentos de plantas foram obtidos na dosagem média de 832 g de superfosfato simples por parcela, que corresponde a 52,5 gramas de P_2O_5 por metro linear, quando se constatou os seguintes teores de nutrientes na m.s. total: 1,50% para o N, 0,14% para o P, 0,74% para o K, 1,41% para o Ca, 0,12% para o Mg, 0,26% para o S, 30,69 ppm para o B, 6,31 ppm para o Cu, 60,00 ppm para o Mn e 11,62 ppm para o Zn.

X 6. Durante a fase inicial de crescimento o limoeiro 'Cravo' responde a níveis de P, no substrato, superiores aos considerados altos pelos padrões de fertilidade de solos.

7. RESUMO

Este experimento foi conduzido de julho de 1985 a janeiro de 1986 na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Minas Gerais, com o objetivo de estudar os efeitos de dois métodos de aplicação do superfosfato simples e do calcário dolomítico, no crescimento vegetativo e nutrição do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) até a repicagem. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial com fatores hierárquicos, sendo 2 métodos de aplicação dos 2 fertilizantes e em 4 níveis cada, mais 1 tratamento adicional não adubado, em três repetições. Os dois métodos de aplicação estudados foram: aplicação incorporada, sendo o fertilizante totalmente misturado ao substrato; e aplicação localizada, onde o fertilizante foi colocado no sulco de plantio, abaixo das sementes. Os tratamentos foram distribuídos em sementeiras, cujo substrato foi composto por um Latossolo Vermelho Escuro, textura muito argilosa fase cerrado. O uso do calcário dolomítico, nos dois métodos de aplicação, apresentou poucos efeitos no crescimento das plantas, devido principalmente às limitações na nutrição em relação ao P.

A adição de doses crescentes de superfosfato simples favoreceu a disponibilidade de P e Ca^{++} e diminuiu os teores de Al^{+++} no subtrato, proporcionou maiores concentrações de P, Ca e S na m.s. total das plantas e maiores alturas de plantas, acúmulos de m.s. de raízes e da parte aérea, aos seis meses pós-semeadura. A homogeneização do fertilizante fosfatado ao substrato, através da aplicação incorporada, possibilitou respostas das plantas a maiores dosagens que na aplicação localizada, (cujos valores máximos de crescimento foram em média 1,64 vezes menores que no primeiro método de aplicação.

8. SUMMARY

METHODS OF SIMPLE SUPERPHOSPHATE AND DOLOMITIC LIME PLACEMENT ON 'RANGPUR' LIME IN SEEDBED

This research was carried out at the Escola Superior de Agricultura de Lavras, State of Minas Gerais, from July 1985 to January 1986 with the objective of studying the effects of two methods of simple superphosphate and dolomitic lime placement on the growth and nutrition of the 'Rangpur' lime (Citrus limonia Osbeck) until transplanting. The experimental design used was completely randomized in a factorial scheme, with hierarchic factors composed of 2 methods, 2 fertilizers and 4 levels plus the control, with 3 replicates. The treatments were distributed in seedbeds whose substrate was composed of a superficial layer of Cerrado Dark Red Latosol and the fertilizers were applied either incorporated with the whole substrate or directly in the seed row. The two dolomitic lime placement treatments had only a slight effect on the growth of the seedlings, mainly because of the de-

ficient phosphorus nutrition. The increasing levels of simple superphosphate favoured the availability of P and Ca^{++} and decreased the Al^{+++} status in the soil, increased the P, Ca and S concentration in the dry matter, resulted in higher plant height and accumulation of dry matter in the shoots and roots, six months after sowing. The homogenization of the simple superphosphate fertilizer with the substrate by the use of incorporated placement, allowed plant response to higher rates than in the localized placements, whose maximum growth values were, on average, 1,64 times lower than in the first application method.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCARDE, J. C. Características dos corretivos de acidez do so
lo. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTU-
RA, 1, Campinas, 1986. Trabalhos apresentados... Campinas,
Fundação Cargill, 1986. p.1-19.
2. AMARAL, F. A. L., OLIVEIRA, L. M. de, GALVÃO, J. D. & VIEIRA,
C. Nota sobre efeitos do modo de localização de fertilizan
tes na cultura do feijão. Revista Ceres, Viçosa, 18(100):
502-7, nov/dez. 1971.
3. AMARAL, J. D. Necessidades alimentares dos citrinos. In: ____.
Os citrinos. 3.ed. Lisboa, Clássica, 1982. p.341-9.
4. ANDRADE, V. de. Laranja lidera a produção. Citrus, São Paulo,
7(74):14-5, jul. 1984.
5. ANJOS, J. T. dos. The effect of lime on phosphorus adsorption,
plant growth and leaching losses of calcium in some acid
soils from Santa Catarina, Brasil. Reading, University of
Reading, 1981. 195p. (Tese Doutorado).

6. ARAÚJO, W. A. de, VIANNA, O., VIANNA, S. de L. & ILCHENKO. O cálcio na agricultura. Belo Horizonte, Secretaria da Agricultura, Indústria, Comércio e Trabalho de Minas Gerais, 1949. 6p. (Reunião Brasileira da Ciência do Solo, 2).
7. AROEIRA, J.S. Fruticultura geral. Viçosa, UREMG, 1960. 125p.
8. ARREGUI, J. M., BALLESTER, J. F., PINA, J. A. & NAVARRO, L. Influência del substrato y de la fertilizacion en el crecimiento de plantas de lima mejicana (Citrus aurantifolia (Cristm. Swing) cultivadas en invernadero. Anales del Instituto Nacional de Investigacion Agrarias, Serie Agricola, Madrid, (19):61-82, 1982.
9. ASO, P. J. Tolerancia de plantines de porta-injertos citricos a varios niveles de carbonato de cálcio en el suelo. Revista Industrial y Agricola de Tucuman, 51(1):35-6. 1974.
10. BARBER, S. A. Application of phosphate fertilizers: methods, rates and time of application in relation to the phosphorus status of soils. Phosphorus in Agriculture, 31(70):109-15, June 1977.
11. BINGHAM, F. T. & MARTIN, J. P. Effects of phosphorus on minor elements. California Citrograph, Riverside, 40(6):246-8, Mar. 1954.
12. BLACK, C. A. Phosphorus. In: _____. Soil-plant relationships. 2.ed. New York, J. Wiley, 1967. p.558-653.
13. BLEASDALE, J. K. A. The seedling. In: _____. Plant physiology in relation to horticulture. Westport, AVI, 1977. cap. 2, p.23-51.

14. BOWLING, D. J. F. Uptake of ions by plant roots. London, Chapman and Hall, 1976. 212p.
15. BOYNTON, R. S. Chemistry and technology of lime and limestone. New York, Interscience Publishers, 1966. 520p.
16. BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594p.
17. BUENO, D. M. Efeito do superfosfato triplo no crescimento inicial de porta-enxertos de citros em diferentes tipos de solos. Lavras, ESAL, 1984. 176p. (Tese MS).
18. CHANDRA, A., YAMDAGNI, R. & WEHAR, S. Phosphate uptake in rough lemon (Citrus jambiri Lush) seedlings grow at different levels of calcium carbonate was washed silica sand medium. Journal of Nuclear Agriculture and Biology, Hissar, 14(1):19-21, 1985.
19. 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.
20. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
21. DELL, B.; LONERANGAN, J. F. & PLASKET, T. D. The phosphorus response of eucalyptus seedlings grow in a pallid zone treated with three levels of lime. Australian Journal of Botany, Melbourne, 31(3):231-8, 1983.

22. EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
23. GALLO, D., NAKANO, O., WIENDL, F. M., SILVEIRA NETO, S. & CARVALHO, R. P. L. Manual de entomologia: pragas das plantas e seu controle. São Paulo, Ceres, 1970. 858p.
24. GALLO, J. R., MOREIRA, S., RODRIGUEZ, O. & FRAGA JR., C. G. Composição inorgânica das folhas de laranjeira 'Baianinha' com referência a época de amostragem e adubação química. Bragantia, Campinas, 19(16):229-46, mar. 1960.
25. GAMA, A. M. P. Produção de mudas cítricas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 9(102):20-7, jun. 1983.
26. GAUCH, H. G. Inorganic plant nutrition. Strondsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1973. 488p.
27. GOEDERT, W. J. & SOUZA, D. M. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, Brasília, 1984. Anais... EMBRAPA-DEP, 1984. p.255-90.
28. HOYT, P. B. Improvements in soil tilth and rapese emergence by lime application on acid soils in the Peace River region. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, 61(1):91-8, Feb. 1981.
29. KATYAL, J. C. Management of Phosphorus in Lowland rice. Phosphorus in Agriculture, Paris, 32(73):21-34, June 1978.

30. LABANAUSKAS, C. K., TOLZY, L. H. & HANDY, M. F. Concentration and total amount of nutrients in citrus seedlings (Citrus sinnensis Osbeck) and in soil as influenced by differential soil oxygen treatments. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 36(3):454-7, May/June 1972.
31. LARSEN, S. Phosphorus in past, present and future agriculture. Phosphorus in Agriculture, Paris, 30(68):1-9, Sept. 1976.
32. LEON, L. A. & FENSTER, W. E. Management of phosphorus in the Andean Countries of tropical Latin America. Phosphorus in Agriculture, Paris, 33(76):57-73, Sept. 1979.
33. LOPES, A. S. Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, 1983. 162p.
34. LUTTGE, U. & HIGINBOTHAM, N. Transport in plant. New York, Springer-Verlang, 1979. 468p.
35. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4.ed. São Paulo, Ceres, 1979. 256p.
36. _____. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 254p.
37. _____. Manual de química agrícola: adubos e adubações. 3.ed. São Paulo, Ceres, 1981. 596p.
38. _____. Nutrição mineral. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo, USP, 1979. v.1, p.97-113.

39. MALAVOLTA, E. A prática da calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1983. Trabalhos apresentados... Campinas, Fundação Cargill, 1985. Cap.10, p.313-57.
40. _____; HAGG, H. P., MELO, F. A. P. & BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 727p.
41. MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 3. ed. Worblaufen-Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.
42. MORAIS, F. I., SANTANA, C. J. L. & SANTANA, M. B. M. Efeito da aplicação de calcário e fósforo no crescimento de plântulas de cacau. Revista Theobroma, Itabuna, 8(2):73-85, 1978.
43. NICOLI, A. M. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em vasos, até a repicagem. Lavras, ESAL, 1982. 103p. (Tese MS).
44. OGATA, T. Influência das cultivares, surtos vegetativos e tamanhos das folhas nos teores de nutrientes foliares dos citros. Lavras, ESAL, 1980. 79p. (Tese MS).
45. OLIVEIRA, P. R. A. de. Efeito do superfosfato simples e do calcário dolomítico na formação de mudas do mamoeiro (Carica papaya L. cv. Solo). Lavras, ESAL, 1986. 110p. (Tese MS).

46. OLSEN, S. R., BROWMAN, R. A. & WATANABE, F. S. Behavior of phosphorus in the soil and interaction with other nutrients. *Phosphorus in Agriculture*, Paris, 31(70):31-46, June 1977.
47. PAVAN, M. A. O Cálcio como nutriente para as culturas. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES; situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. Anais... São Paulo, MANAH, 1986. p.82-91.
48. PEARSON, R. W. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. 274p.
49. POMPEU JR., J. Importância da escolha de copas e porta-enxertos na produtividade dos citros. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DE CITROS, 1, Jaboticabal, 1984. Anais... Jaboticabal, FCAV, 1985. p.33-7. ←
50. PLATT, R. G. & OPITIZ, K. W. Propagation of citrus. In: REUTHER, W. The citrus industry. Berkeley, University of California, 1973. v.3, cap.1, p.1-47. NÃO
51. PINTO, M. V. A. Efeitos de fontes, doses e formas de aplicação do fósforo na produção do feijão (Phaseolus vulgaris L.). Lavras, ESAL, 1979. 56p. (Tese MS).
52. QUAGGIO, J. A. Resposta da cultura à calagem. In: SIMPÓSIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1, Campinas, 1983. Trabalhos apresentados... Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.123-57.

53. QUAGGIO, J. A., MASCARENHAS, H. A. A. & BATAGLIA, O. C. Respostas da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II - efeito residual. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(2):113-8, maio/ago. 1982.
54. RAIJ, B. van. Uso eficiente de corretivos de acidez. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES; situação atual e perspectivas na agricultura. São Paulo, 1984. Anais... São Paulo, MANAH, 1986. p.60-7.
55. _____, SILVA, N. M. da, BATAGLIA, O. C., QUAGGIO, J. A., HIROCE, R., CANTARELLA, H., BELLINAZZI JR., R. DECHEN, A. R. & TRANI, P. E. Recomendações de adubações e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
56. RASMUSSEN, G. K. & SMITH, P. F. Pot studies on the effect of superphosphates on the growth of citrus seedlings. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, Deland, 72:71-5, 1959.
57. RIVERO, J. M. del. Los estadios de carencia en los agrios. 3.ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1968. 510p.
58. RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. C. P., coords. Citricultura brasileira. Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.2., p.387-430.
59. ROY, R. N. Importance of fertilizers and their efficient use in exploiting agricultural production potencial in India. Phosphorus in Agriculture, Paris, 34(79):37-64, Dec. 1980.

60. SAITO, Y. & YAMAMOTO, S. Effect of different supplies nitrogen, phosphorus and potassium on the growth of citrus stock plants seedlings in sand culture. III. Satsuma Kikoku (Citrus sp.). Bulletin of Faculty of Agriculture Miyazaki University. Miyazaki, 9:242-56, 1965.
61. SANCHEZ, P. A. Suelos del tropicos; características y manejo. San José, Costa Rica, IICA, 1981. 634p.
62. SANTOS, M. G. P. M. Influência da cultivar e o número de frutos dos ramos nos teores de nutrientes foliares de citros. Lavras, ESAL, 1980. 77p. (Tese MS).
63. SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. Análise química em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
64. SILVA, J. U. B. Efeito do superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras, ESAL, 1981. 100p. (Tese MS).
65. SMITH, P. F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N. P., ed. Nutrition of fruit crops; tropical, subtropical, temperate tree and small fruits. 3.ed. Somerville, Somerset Press, 1966. cap.7, p.174-207.
66. SOUZA, M. de. Efeito do P, K e Ca no crescimento da parte aérea da laranjeira 'Pera Rio' (Citrus sinensis L. Osbeck) em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Piracicaba, ESALQ, 1976. 132p. (Tese Doutorado).

67. SOUZA, M. de. Nutrição e adubação para produzir mudas de frutíferas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 9(102):40-3, jun. 1983.
68. SPENCER, W. F. Effects of heavy application of phosphate and lime on nutrient uptake, growth, freeze injury and root distribution of grapefruit trees. Soil Science, Baltimore, 89:311-8, 1960.
69. TEÓFILO SOBRINHO, J. Propagação dos citros. In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. Citricultura brasileira, Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.1., p.299-318.
70. THOMAS, R. P. Phosphorus-key element in plant and animal nutrition. Skokie, International Minerals & Chemical Corporation, s.d. 81p.
71. TIMMER, L. W. & LEYDEN, R. F. Effect of phosphorus fertilization and infection with mycorrhizal fung and Phytophthora parasitica on the growth of sour orange seedlings. Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society, Weslaco, 33:75-81, 1979.
72. _____ & _____. The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus-induced cooper deficiency in sour orange seedlings. New Phytologist, London, 85(1):15-23, 1980.
73. TISDALE, S. L. & NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers. 3.ed. New York, Macmilan, 1974. 694p.
74. VANACHTER, A. Fumigation against fungi. In: MULDER, D., ed. Soil disinfestation. Amsterdam, Elsevier Scintific, 1979. p.163-83.

75. VELAYUTHAM, M. The problem of phosphate fixation by minerals and soil colloids. Phosphorus in Agriculture, Paris, 34 (77):1-8, Mar. 1980.
76. VETTORI, L. Métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade dos Solos, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
77. VIEITES, E., ARINES, J. & FABREGAS, R. Efecto de la adition de caliza sobre el pH y la disponibilidad de elementos de um solo acido, con especial referencial al fosforo. Anales de Edafologia y Agrobiologia, Madrid, 38(7/8):1277-89, 1979.
78. VITTI, G. C. Acidez e calagem do solo. Laranja, Cordeiropolis, 5:72-102, 1984.
79. _____ & FERREIRA, M. E. Interpretação da análise de solo e alternativas de uso de adubos e corretivos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DE CITROS, 1, Jaboticabal, 1984. Anais... Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1985. p.117-45.
80. WHITE JR., A. W. Effects of topsoil-subsoil fertilizer and lime amendments on top root growth of 'Stewart' pecan seedlings in a simulated norfolk soil profile. Hort Science, Alexandria, 17(3):380-1, 1982.
81. YAMAMOTO, S. & SAITO, Y. Effect of diferencial supplies of nitrogen, phosphorus and potassium on growth of citrus stock seddlings in sand culture. V. Citrus junos Tanaka. Bulletin of Faculty of Agriculture Miyazaki University, Miyazaki, 17:74-83, 1970.

APÊNDICE

* e ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidades respectivamente, pelo teste de F.

QUADRO 2A - Resumo das análises de variância para os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn na m.s. total dos limoeiros 'Cravo' aos seis meses pós-semeadura. ESAL, Lavras, 1986.

F.V.	G.L.	QME e significância									
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
F	1	1,920 **	0,0261 **	0,9352	5,671 **	2,36704 **	0,1092 **	725,40 **	2,69 *	32083,99 **	29,95 **
M:SS	1	0,297 **	0,0054 **	0,0504	0,959 **	0,00003	0,0126 **	0,05	1,40	41,22	24,28 **
M:CD	1	0,617 **	0,0013 **	0,4537 **	0,821 **	0,46760	0,0016 *	16,58	0,22	1812,21 **	83,10 **
N:SS:In	3	0,144 **	0,0026 **	0,0720 **	0,102 **	0,00096	0,0962 **	81,79 **	0,20	2087,20 **	6,32
N:SS:Lo	3	0,070 **	0,0005 *	0,0323	0,068 **	0,00547	0,0364 *	4,62	0,35	1129,27 *	3,30
N:CD:In	3	0,034 *	0,0020 **	0,0065	0,027 **	0,00014	0,0008	19,51	0,54	13,50	11,45 *
N:CD:Lo	3	0,008	0,0000	0,0168	0,011	0,11660 **	0,0004	1,92	2,00 *	486,28	0,81
Fat.vs\ad. 1	1	0,118 **	0,0530 **	0,2077 **	1,278 **	0,14720 **	0,0152 **	14,94	2,67 *	8677,09 **	0,22
Erro	34	0,010	0,0001	0,0125	0,004	0,00332	0,0023	8,11	0,51	211,00	3,02
CV (%)		5,77	10,17	11,82	6,81	17,75	11,68	10,66	11,31	24,49	12,95

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste de F.

QUADRO 3A - Resumo das análises de variância para as características de crescimento vegetativo avaliadas aos quatro e seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'.

ESAL, Lavras, 1986.

F.V.	G.L.	6 meses				4 meses			
		Altura de		Altura de		Altura de		Altura de	
		planta		de		planta		de	
		raízes		de raízes		raízes		parte aérea	
		raízes		Peso da m.s.		raízes		Peso da m.s.	
		total		Peso da m.s.		total		Peso da m.s.	
F	1	184,98 **	1568,88 **	1656,75 **	6,6379 **	3,2344 **	19,152 **		
M:SS	1	13,32 **	139,97 **	1,64	0,6468 **	0,0240 **	0,940 **		
M:CD	1	8,03 **	11,64 **	35,21 **	0,0005	0,0004	0,003		
N:SS:In	3	22,06 **	138,14 **	2,96	0,8301 **	0,2065 **	1,860 **		
N:SS:Lo	3	0,32	19,66 **	2,51	0,1341 **	0,0188 **	0,222 **		
N:CD:In	3	0,16	0,33	10,76	0,0009	0,0004	0,002		
N:CD:Lo	3	0,22	1,03	53,25 **	0,0001	0,0001	0,001		
Fat.vs ad.	1	21,36 **	121,70 **	2,88	0,4144 **	0,1758 **	1,113 **		
Erro	34	0,43	1,28	3,45	0,0030	0,0025	0,007		
CV (%)		12,38	11,46	7,38	13,13	15,24	11,44		

** significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

QUADRO 3A - Resumo das análises de variância para as características de crescimento vegetativo avaliadas aos quatro e seis meses pós-semeadura dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1986.

F.V.	G.L.	QME e significância					
		4 meses	6 meses				
		Altura de planta	Altura de planta	Comprimento de raízes	Peso da m.s. parte aérea	Peso da m.s. raízes	Peso da m.s. total
F	1	184,98 **	1568,88 **	1656,75 **	6,6379 **	3,2344 **	19,152 **
M:SS	1	13,32 **	139,97 **	1,64	0,6468 **	0,0240 **	0,940 **
M:CD	1	8,03 **	11,64 **	35,21 **	0,0005	0,0004	0,003
N:SS:In	3	22,06 **	138,14 **	2,96	0,8301 **	0,2065 **	1,860 **
N:SS:Lo	3	0,32	19,66 **	2,51	0,1341 **	0,0188 **	0,222 **
N:CD:In	3	0,16	0,33	10,76	0,0009	0,0004	0,002
N:CD:Lo	3	0,22	1,03	53 25 **	0,0001	0,0001	0,001
Fat.vs ad.	1	21,36 **	121,70 **	2,88	0,4144 **	0,1758 **	1,113 **
Erro	34	0,43	1,28	3,45	0,0030	0,0025	0,007
CV (%)		12,38	11,46	7,38	13,13	15,24	11,44

** significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

QUADRO 4A - Temperaturas do solo e características climáticas observadas durante a condução do experimento. ESAL, Lavras, 1985/86.

Meses	Temperatura do solo*		Temp. média	Temp.mínima	Temp. máxima	Precipitação pluviométrica** (mm)
	(°C)	(°C)	do ar**	do ar**	do ar**	
	9:00hs	16:00hs	(°C)	(°C)	(°C)	
Agosto	22,1	26,4	18,9	12,2	24,9	2,0
Setembro	25,9	29,1	18,9	14,2	26,8	60,7
Outubro	29,6	32,6	21,4	16,4	29,0	76,0
Novembro	28,1	35,2	20,9	16,7	27,8	261,6
Dezembro	27,9	34,9	21,4	16,7	25,4	392,0
Janeiro	30,3	34,7	20,9	18,2	28,6	125,7

* Resultados obtidos pela observação diária no termômetro de solo, localizado a profundidade de 20 cm a partir da superfície.

** Dados fornecidos pela Estação Agroclimatológica da ESAL - Lavras, MG, situada a 0,23 km da área experimental.

