

WILLY GUSTAVO DE LA PIEDRA MESONES

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE SOJA (*Glycine max*  
(L.) Merrill) SOB TRÊS MÉTODOS DE  
RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO

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



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

DEPARTAMENTO

AGRICULTURA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

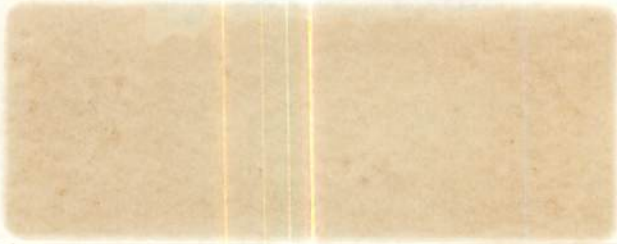
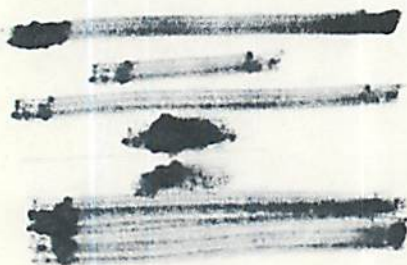
AV. BRASIL, 100 - LAVRAS - M.G.

BOLETIM UNIVERSITÁRIO

WILLY GUSTAVO DE LA PEDRA JERÓNIM

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE SOJA  
(L.) Merrill SOB TRÊS MÉTODOS DE  
RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO

Investigação desenvolvida na Escola Superior  
de Agricultura de Lavras, com o patrocínio  
do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).  
Agradecemos aos técnicos da Estação Experimental de Lavras, especialmente ao Sr. M. S. M. de  
Lima, pelo auxílio prestado durante o desenvolvimento desta pesquisa.



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS  
1991

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE SOJA [Glycine max (L.) Merrill]  
SOB TRÊS MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO

APROVADA:

  
PROF. PEDRO MILANEZ DE REZENDE  
ORIENTADOR

  
PROF. GERALDO A. DE AQUINO GUÉDES

  
PROF. JOÃO BOSCO DOS SANTOS

1991

Aos meus pais, Gustavo e Mercedes

Aos meus irmãos, Elvira, Walter, Jorge, Milka, Lily e Percy

À minha sogra Natalice e cunhados

**AO SENHOR MEU DEUS**

À minha esposa Celina

Aos meus filhos Gustavo

Liliana

Aline

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais - EMATER-MG, em especial ao Escritório Local de Volta Grande e Regional de Unaí, pela experiência adquirida, que tornaram possível a participação neste curso.

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

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

Ao professor Pedro Milanez de Rezende, pela orientação, amizade, dedicação e ensinamentos.

Aos professores Geraldo Aparecido de Aquino Guedes e João Bosco dos Santos pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas.

Ao corpo docente da ESAL, principalmente dos Departamentos de Agricultura e Ciência dos Solos, pelos ensinamentos adquiridos.

Aos colegas e amigos que compartilharam o nosso dia-a-dia durante o curso. E aos companheiros do Escritório Regional da EMATER-MG de Lavras pelo apoio.

À minha esposa e filhos pelo estímulo, carinho, compreensão e paciência durante o curso.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

**WILLY GUSTAVO DE LA PIEDRA MESONES** filho de Gustavo de la Piedra Nuë e Mercedes Mesones de la Piedra, nasceu em Chiclayo na República do Perú aos 6 dias do mês de abril de 1948. Realizou seus estudos básicos na sua terra natal.

Graduou-se como Engenheiro Agrônomo em 1975, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

Iniciou suas atividades profissionais em 1976, ingressando na Associação de Crédito Rural (ACAR) hoje Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) na qual permanece até hoje exercendo as funções de Coordenador Regional do Projeto Culturas.

Em março de 1987 iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia a nível de Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL em Lavras-MG.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	03
2.1. O solo sob vegetação de cerrado .....	03
2.2. Métodos de recomendação de calcário .....	05
2.2.1. Método baseado no teor de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis .....	05
2.2.2. Método da saturação de bases .....	07
2.2.3. Método da solução tampão SMP .....	08
2.3. Comportamento de elementos minerais no solo e na planta com relação à calagem .....	10
2.4. Efeito do alumínio e da calagem na soja .....	
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
3.1. Local de condução do experimento .....	21
3.2. Delineamento experimental .....	21
3.2.1. Cultivares de soja .....	24
3.2.2. Métodos de recomendação de calcário .....	24
3.2.2.1. Método do alumínio .....	24
3.2.2.2. Método da saturação de bases .....	24



3.2.2.3. Método SMP .....	25
3.3. Instalação e condução do experimento .....	25
3.4. Características avaliadas .....	26
3.4.1. Altura da planta .....	26
3.4.2. Altura da inserção da primeira vagem .....	26
3.4.3. Grau de acamamento .....	26
3.4.4. Nodulação .....	27
3.4.5. Rendimento de grãos .....	27
3.4.6. Análise química da planta .....	27
3.4.7. Análise química do solo .....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
4.1. Características químicas do solo .....	29
4.1.1. Fósforo .....	29
4.1.2. Potássio .....	32
4.1.3. Cálcio e Magnésio .....	33
4.1.4. Alumínio .....	36
4.1.5. pH do solo.....	37
4.2. Nutrientes acumulados pela parte aérea das plantas de soja .	39
4.2.1. Nitrogênio .....	39
4.2.2. Fósforo .....	42
4.2.3. Potássio .....	44
4.2.4. Cálcio .....	46
4.2.5. Magnésio .....	48
4.2.6. Zinco .....	50
4.3. Características agronômicas dos cultivares de soja .....	52
4.3.1. Altura da planta e da inserção da primeira vagem e grau de acamamento .....	54

4.3.2. Número e peso da matéria seca dos nódulos .....	57
4.3.3. Rendimento de grãos .....	58
5. CONCLUSÕES .....	63
6. RESUMO .....	65
7. SUMMARY .....	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69

## LISTA DE QUADROS

### QUADROS

### PÁGINA

1	Resultado da análise química e física do solo onde foi implantado o experimento, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	22
2	Resumo das análises de variância de algumas características químicas do solo avaliadas no ensaio de cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	30
3	Teores médios de fósforo disponível no solo, em ppm. no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	31
4	Teores médios de potássio disponível no solo, em ppm. no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, no ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	32

5	Teores médios de cálcio trocável no solo, em me/100cc., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	34
6	Teores médios de magnésio trocável no solo, em me/100cc., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	35
7	Teores médios de alumínio trocável, em me/100cc., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	37
8	Resultados médios de valores de pH do solo, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	38
9	Resumo das análises de variância para quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea da planta de soja no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	40
10	Teores médios de nitrogênio acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	41

11	Teores médios de fósforo acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	43
12	Teores médios de potássio acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	45
13	Teores médios de cálcio acumulado pela parte aérea da planta de soja, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	46
14	Teores médios de magnésio acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	49
15	Teores médios de zinco acumulado pela parte aérea da planta de soja, em ppm., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	51
16	Resumo das análises de variância relativos a características agronômicas da planta de soja avaliadas no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	53

17	Médias de altura da planta, em cm., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	55
18	Médias da altura da inserção da primeira vagem, em cm., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	56
19	Médias de grau de acamamento, em notas, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	57
20	Médias de número e peso da matéria seca de nódulos por planta, em mg., no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	59
21	Médias de rendimento de grãos, em kg/ha, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG .....	61

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS

PÁGINA

- |   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | <i>Distribuição diária de chuvas de outubro/1987 a abril/1988 .. .</i> | 23 |
|---|--|----|

## 1. INTRODUÇÃO

Conceituar a região dos cerrados, no Brasil, como potencial para produção agrícola, poderia hoje ser considerada como uma definição ultrapassada, não propriamente pela dimensão da área já explorada, mas principalmente pelas respostas positivas, concretas e indubitáveis obtidas com as culturas "exóticas" já implantadas nas há pouco tempo atrás chamadas terras improdutivas.

Culturas como soja, trigo, milho, café, cevada, ervilha e outras consideradas exclusivas para outros ambientes, são uma realidade nos cerrados graças à atuação de instituições de pesquisa e extensão rural, aliado ao pioneirismo de agricultores que num primeiro estágio contaram com recursos financeiros em condições favoráveis através de programas governamentais específicos que viabilizaram esta expansão da fronteira agrícola brasileira.

Entre as várias justificativas usadas para definir como improdutivas estas áreas, destaca-se a baixa fertilidade natural destes solos que apresentam baixos teores de cálcio e magnésio, níveis altos de alumínio, elevada acidez e alta fixação de fósforo. Dai a grande preocupação em criar condições



técnicas para elevar a sua fertilidade, sendo que o caminho mais viável seria a prática da calagem, cujos efeitos são verificados principalmente na eliminação ou redução da solubilidade de elementos tóxicos como o alumínio; no aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio; melhoria da vida microbiana e na disponibilidade de fósforo.

Na cultura da soja, a calagem favorece o processo simbiótico e promove maior produção de grãos, sendo verificado que os vários cultivares desta leguminosa respondem distintamente a diferentes níveis de acidez do solo de acordo com sua constituição genética, que lhes confere maior ou menor capacidade de adaptação às mudanças propiciadas pela calagem.

Assim, torna-se de grande importância o conhecimento da dose adequada de calcário a ser aplicada, evitando desta maneira a sub ou supercalagem com reflexos negativos na produção e conseqüentemente no fator econômico.

No Brasil são utilizados principalmente três métodos para quantificar estas doses: método baseado no teor de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis; método baseado na saturação de bases e método baseado em solução tampão (SMP).

O presente trabalho tem por objetivo determinar o método de recomendação de calcário mais adequado, que proporcione maior retorno dos fatores: cultivar de soja e doses de calcário.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. O solo sob vegetação de cerrado

Segundo dados da EMBRAPA (29), a área sob vegetação de cerrado ocupa 1,8 milhões de Km<sup>2</sup> ou seja cerca de 20% do território brasileiro, estendendo-se principalmente pela região Centro-Oeste e compreendendo ainda parte da região Norte e Sudeste. Com um clima bastante heterogêneo de acordo com AZEVEDO & CASER (6), Minas Gerais apresenta, na região Norte, influência do trópico semi árido mais quente e seco, e no Sul e Sudeste influência austral continental mais fria e úmida, mas geralmente com uma estação seca característica.

Estes solos de cerrado, em geral apresentam relêvo plano a suave ondulado, característica esta que torna atrativa a exploração de culturas extensivas, principalmente soja, dado ao favorecimento da utilização plena de práticas agrícolas mecanizadas.

Estes solos são predominantes Oxisolos ou Latossolos profundos, sem barreiras físicas para o desenvolvimento normal de raízes como relata RANZANI (83). Além de bem drenados, com boa estrutura, possuem uma grande amplitude textural desde

arenosos até muito argilosos de acordo com LOPES (50) e com alta estabilidade de agregados, principalmente microagregados conforme relata GOEDERT (40).

Em levantamento realizado sobre as condições químicas dos cerrados, LOPES (51) encontrou uma amplitude de pH entre 3,7 e 5,5, sendo que 88% das amostras do estudo se situavam entre pH 4,0 e 4,6. Estudo efetuado por MENDES (66) corroborou estes dados situando esta amplitude entre pH 4,3 a 5,5. Com relação a valores de capacidade de troca catiônica (CTC), embora não tenham sido desenvolvidos trabalhos específicos para interpretação de níveis desta característica para estes solos, foi sugerido por BUOL et alii (14) um nível de 4 me/100cc de solo, medido pela extração com um sal neutro não tamponado, como o limite para baixa CTC efetiva. De acordo com este critério, o trabalho de LOPES (51) indicou que 97% das amostras analisadas estão abaixo deste nível, numa amplitude de 0,35 a 8,1 me/100cc de solo. A saturação de alumínio situou-se entre 1,1 e 89,4% com uma mediana de 59,0% de acordo com LOPES & COX (52) e RAIJ (78), sendo o alumínio trocável o cátion dominante no complexo de troca. De acordo com KAMPATH (1976) mencionado por LOPES (51) a produção da maioria das plantas sensíveis a toxidez de alumínio decresce em solos com mais de 20% de saturação de alumínio. Os teores de cálcio, magnésio, fósforo e zinco encontrados nestes solos foram extremamente baixos.

Por todos estes aspectos, a dosagem correta de calcário torna-se imprescindível para o solo atingir um nível adequado de fertilidade e obter um bom desenvolvimento das

culturas, assim como o é também a escolha do método para mensurar a necessidade de calcário para este fim.

## 2.2. Métodos de recomendação de calcário

### 2.2.1. Método baseado no teor de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis

É um dos critérios mais simples de recomendação de calagem, o qual considera o alumínio trocável como um dos principais fatores relacionados a acidez dos solos, e por isso a sua neutralização foi o ponto básico a partir do qual COLEMAN et alii (23) e KAMPRATH (44) realizam trabalhos para determinar a dose de calcário necessária para este fim. As suas observações indicaram que a quantidade de calcário suficiente para a neutralização do alumínio trocável poderia ser obtida multiplicando um fator cujo valor varia de 1 a 3 pelo valor do alumínio trocável obtido pela extração com sais neutros não tamponados. Este método também foi relatado e difundido por CATE (19) e SOUZA et alii (102).

No caso de solos que não apresentam teores elevados de alumínio, porém contêm baixos teores de cálcio e magnésio, houve necessidade de se introduzir um critério que garantisse o fornecimento destes nutrientes ao nível de 1 a 3 me/100cc de solo conforme as necessidades das diferentes culturas de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (24).

Assim, as necessidades de calcário (NC) ficaram

estabelecidas pelas fórmulas:

$$NC = 1 \text{ a } 3 \times Al^{+++}$$

$$NC = 1 \text{ a } 3 - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Em São Paulo os dois métodos foram utilizados concomitantemente sendo considerada aquela alternativa que resultasse em maior dose, enquanto em Minas Gerais foi adotado o critério que considera a soma destas duas alternativas.

Trabalhos visando estudar o efeito da calagem sobre o desenvolvimento da soja, usando como indicador o teor de alumínio trocável, mostraram o efeito positivo desta prática pelo aumento de peso da matéria seca da parte aérea com redução da saturação de alumínio como relatam FERREIRA (33) e SARTAIN & KAMPRATH (96), indicando inclusive que a dose mínima calculada seria suficiente para produções satisfatórias de matéria seca conforme concluíram SOUZA et alii (102). Efeitos positivos foram observados também no número e peso da matéria seca dos nódulos em trabalhos efetuados por SARTAIN & KAMPRATH (96). Resultados semelhantes foram obtidos com altura da planta, usando critério estabelecido para Minas Gerais, conforme relataram FERRARI (31), REZENDE (85) e SANTOS et alii (93).

Deve-se levar em consideração, e isto constitui-se em fator limitante, que a necessidade de calcário calculada por este método é insuficiente para elevar sensivelmente o pH do solo. Chega-se geralmente só até ao pH 5,7 ou pouco menos de acordo com boletim técnico de ANDA (5) e conseqüentemente prejudicando o adequado desenvolvimento daquelas culturas pouco tolerantes a altos índices de acidez.

### 2.2.2. Métodos da saturação de bases

Este método foi desenvolvido no Brasil por CATANI & GALLO (18), é usado principalmente no estado de São Paulo e baseia-se na relação existente entre pH e saturação de bases do solo. A percentagem de saturação de bases (V%) era calculada a partir de simples leitura do pH em água da amostra de solo e deduzindo da equação:  $\text{pH} = 0,03176 \text{ V\%} + 4,288$  com  $r = 0,947$ . Com este dado e o conhecimento da acidez potencial (H + Al) extraída com acetato de cálcio 1N a pH 7,0, determinava-se a necessidade de calcário adequadas às exigências de determinada cultura a partir da seguinte equação:

$$\text{NC} = \text{H} \frac{i_2 - i_1}{1 - i_1} = \text{t CaCO}_3/\text{ha}, \text{ onde:}$$

NC = necessidade de  $\text{CaCO}_3$  em t/ha;

H = teor de H + Al, em me/100cc de solo, obtidos por extração com acetato de cálcio a pH 7,0;

$i_1$  = saturação de bases atual do solo, obtida através do pH empregando-se a equação:  $\text{pH} = 0,03176 \text{ V\%} + 4,288$  ( $r = 0,947$ )

$i_2$  = saturação de bases requerida pela cultura.

A partir destas considerações, RAIJ et alii (80), visando minorar a complexidade do método, encontraram relação estreita entre valores de acidez potencial obtida pela extração com acetato de cálcio, com os valores do pH da suspensão solo-água-tampão SMP na relação 10-20-10,

possibilitando assim o uso deste valor para encontrar o respectivo H + Al, mediante a equação de regressão:  $Y = 28,8 - 4,18 \times (r = 0,975)$ .

A necessidade de calcário a ser aplicada, então, pode ser obtida pela fórmula:

$$NC = \frac{T(V_2 - V_1)}{100} \text{ onde:}$$

NC = necessidade calcário em t CaCO<sub>3</sub>/ha;

T = capacidade de troca de cátions, obtida pela soma de bases trocáveis, mais o valor de H + Al obtidos pela leitura do pH SMP;

V<sub>1</sub> = saturação de bases atual do solo obtido de  $\frac{S \times 100}{T}$

V<sub>2</sub> = saturação de bases requerida pela cultura;

S = soma de bases.

Para a soja o valor de V<sub>2</sub> é 70% de acordo com a ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ (74).

Os maiores adeptos a este método baseiam sua opção por constituir um critério com maior embasamento teórico e por ser mais flexível, pois são consideradas características relacionadas ao solo, corretivo e exigências nutricionais de culturas específicas.

### 2.2.3. Método da solução tampão SMP

Esse método é muito comum principalmente nos estados

do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e a determinação da necessidade de calcário é baseada no uso de solução tampão SMP estabelecida por SHOEMAKER, McLEAN & PRATT (98).

Como regra geral, o princípio deste método é baseado no decréscimo do pH de uma solução tampão de composição conhecida e ajustada a um pH também conhecido em que a neutralização da acidez é obtida através do pH de equilíbrio de suspensão de solo-água-tampão.

A determinação da necessidade de calcário a ser aplicada ao solo é obtida diretamente de tabelas já estabelecidas. Elas foram elaboradas a partir de valores do pH de equilíbrio de suspensões de solo-água-tampão (pH 7,5) em uma relação 5-5-10, de amostras de diferentes solos, correlacionado os valores de pH destas soluções com doses adequadas de calcário para elevar o pH do solo ao valor 6,8, obtido pelo método da incubação com carbonato de cálcio.

Visando a adaptação deste método às condições do Rio Grande do Sul, MIELNICZUK et alii (68) recomendaram que o pH a ser atingido deveria ser em torno de 6,0, sendo que a relação solo-água-tampão seria de 6-6-6.

Vários trabalhos foram realizados na tentativa de adoção deste método, sendo observado um aumento na produção de matéria seca da planta quando utilizada a dose recomendada, e redução quando esta foi duplicada conforme observaram BORKERT (12), MARTINI et alii (57) e VIDOR & FREIRE (105).

Como em geral este método indica necessidades maiores de doses de calcário que os outros métodos apresentados, podem



ocorrer substanciais alterações no peso seco dos nódulos conforme verificaram COUTINHO et alii (28) podendo haver redução de nodulação em doses muito elevadas como foi relatado por BORKERT (12), MARTINI et alii (57) e VIDOR & FREIRE (104 e 105). Também a absorção de nutrientes pela planta é influenciada com um aumento na concentração de cálcio (28, 57 e 104) e fósforo (104).

Além da simplicidade da sua execução, este método assemelha-se ao do alumínio trocável por não levar em consideração as exigências específicas de cada cultura, mas é calcado em bom embasamento teórico. MELICH et alii (63) fazem a ressalva de que este método é pouco eficiente para solos de baixo poder tampão em que a necessidade de calagem seja menor do que 4 t/ha.

### **2.3. Comportamento de elementos minerais no solo e na planta com relação à calagem**

O cálcio é um nutriente essencial para a planta, comportando-se como um regulador da integridade e seletividade de membranas, enquanto o alumínio reduz a absorção de cálcio por diminuir a sua concentração no espaço livre aparente, de acordo com citações de CLARKSON & SANDERSON (22).

Muitos trabalhos verificaram que o alumínio induz a deficiência de cálcio às plantas de diferentes cultivares. FERREIRA (33) conduziu trabalho em solução nutritiva, utilizando cultivares de soja sensível (Bragg), tolerante (UFV-4) e

medianamente tolerante (IAC-2) ao alumínio e verificou que o teor de cálcio diminuiu nos três cultivares tanto na parte aérea quanto no sistema radicular com a elevação dos níveis de alumínio, sendo que a Bragg apresentou menor acúmulo de cálcio.

É fato comprovado que na prática da calagem, com o aumento das quantidades aplicadas de calcário, há uma elevação do teor de cálcio no solo. Porém muitos trabalhos como os de BORGES (11) e MAEDA (54) relatam que este aumento pode propiciar uma redução na quantidade acumulada na parte aérea, devido talvez a que a elevação do pH altera a absorção de nutrientes entre os quais o próprio cálcio, ou a danos observados no sistema radicular reduzindo a produção de matéria seca de acordo com MARTINI & MUTTERS (59).

MAEDA (54) utilizando seis cultivares de soja e três métodos de recomendação de calcário em casa de vegetação, verificou que com a elevação da dose de calcário recomendada pelos três métodos usados, houve uma redução gradativa do teor de cálcio e magnésio acumulados pela parte aérea da planta.

FERREIRA (33) trabalhando em solução nutritiva com cultivares de soja de diferentes graus de tolerância a alumínio, verificou que todos os cultivares usados, na presença deste elemento apresentaram menor teor de magnésio na planta. BORGES (11), MARTINI & MUTTERS (58), MASCARENHAS et alii (60), QUAGGIO et alii (76) e RAIJ et alii (79) corrigindo a acidez de solos com doses crescentes de calcário, verificaram menor acumulação de magnésio na parte aérea da planta de soja, embora MENGEL et alii (67) não tenham concluído desta maneira devido

talvez ao uso de solos de alto poder tampão e doses relativamente baixas utilizadas.

O excesso de calcário alterando o pH do solo, altera as relações entre os nutrientes em função de passar a ser influenciados pelas faixas de pH, derivando numa maior ou menor disponibilidade dos mesmos com reflexos negativos no desenvolvimento das plantas como descreve MALAVOLTA (55).

Respostas diferenciais dos cultivares testados, a absorção de magnésio, foram observadas por MAEDA (54) que verificou maior acúmulo desse elemento nos cultivares Savana e IAC-8 entre os seis cultivares testados.

MASCARENHAS et alii (61) em trabalhos sobre calagem de solo para plantio de soja, verificaram que houve um acréscimo linear nos teores de cálcio e magnésio no solo em função de doses crescentes de calcário dolomítico. GALLO et alii (39) trabalhando com três tipos de calcário, constataram que quando usaram calcário dolomítico houve maior teor de magnésio nas folhas, crescendo com a dose aplicada.

O calcário quando aplicado em quantidades adequadas, propicia maior disponibilidade de fósforo para as plantas, devido principalmente à neutralização do alumínio trocável que em níveis altos pode promover alterações na permeabilidade da raiz e reduzir a absorção de fósforo. FERREIRA (33) verificou que doses crescentes de alumínio causaram diminuição do teor de fósforo na parte aérea da planta, que de acordo com KLIMASHEVSKII et alii (46) e McCORMICK & BORDEN (53) isto poderia ser explicado por evidências bioquímicas que indicam que

o alumínio liga-se ao fósforo por uma reação de adsorção-precipitação, principalmente no espaço livre aparente das células epidérmicas e corticais

FAGERIA & MORAIS (30) citando BRADY (1974), relataram que o aumento da concentração do fósforo nos solos ácidos pela aplicação de calcário até certo nível, está ligado à redução das concentrações de ferro e alumínio que causam a fixação de fósforo na forma de fosfato insolúvel de Fe e Al. CORDEIRO et alii (25) relataram que de maneira geral, nos solos ácidos, a reação do fósforo solúvel com compostos de Fe e Al é responsável pela baixa solubilidade e pela disponibilidade reduzida de fósforo para as plantas.

BORGES (11), BUCKMAN & BRADY (13), FAGERIA & MORAIS (30), KLIMASHEVSKII et alii (46) e MALAVOLTA (56) verificaram que o aumento da quantidade de calcário, elevando o pH próximo da neutralidade, reduz a solubilidade de fósforo no solo e conseqüentemente a sua disponibilidade para as plantas, pela sua precipitação como fosfatos de cálcio de baixa solubilidade.

SARTAIN et alii (97) analisando o efeito de três doses de calcário equivalentes a 0; 0,75 e 1,5 vezes o alumínio trocável não observaram efeitos dos níveis de calcário sobre as concentrações de fósforo na parte aérea de plantas de soja, enquanto MAEDA (54) verificou maior acúmulo de fósforo quando usou o método do alumínio trocável em comparação com o método da saturação de bases e do tampão SMP, que indicaram nesta ordem doses crescentes de calcário.

FERREIRA (33) relata que teores altos de alumínio no

solo provocam efeito depressivo na concentração de potássio na parte aérea das plantas de soja, tanto nas sensíveis como nas tolerantes ao alumínio.

O aumento da quantidade de calcário no solo pode propiciar uma alteração na relação entre o potássio e cálcio mais magnésio provocando uma diminuição na absorção de potássio e conseqüentemente menor acumulação do elemento na parte aérea da planta de acordo com conclusões de BORGES (11), MALAVOLTA (55) e ROSOLEM (89).

Resultados semelhantes foram obtidos por MAEDA (54) utilizando os métodos de saturação de bases e SMP para determinar a necessidade de calcário, que recomendaram maiores doses, propiciando menor acumulação de potássio na parte aérea da planta do que o método do alumínio que indicou menor dose. Este autor verificou que houve variação entre os seis cultivares usados neste trabalho, com diferenciação na concentração de potássio na parte aérea da planta.

De acordo com LOPES & COX (52) a maior disponibilidade de zinco ocorre na faixa de pH em torno de 5,8 e com a elevação do pH pela calagem, há uma redução na disponibilidade deste elemento para as plantas, sendo que MALAVOLTA (55) e LINDSAY (48) estimaram que a elevação de uma unidade de pH diminuiu em cem vezes a concentração de zinco na solução do solo. Esta menor concentração talvez se deva a uma transformação do zinco iônico solúvel para uma forma insolúvel como zincato de cálcio como relatam KHAN (45) e MELLO et alii (65).

IGUE & GALLO (43) e RITCHEY et alii (88) trabalhando

com milho, KHAN (45) com arroz e CHAVES et alii (20) com café, verificaram que o aumento da quantidade de calcário reduziu a quantidade de zinco acumulada na parte aérea da planta. Esta redução pode ser atribuída também à alta concentração de cálcio e magnésio no meio em função da calagem como relatam MALAVOLTA (55) e SILVA et alii (100).

FOY (34) relata que o alumínio não é considerado um elemento essencial, embora trabalhos tenham verificado que em baixas concentrações pode contribuir no desenvolvimento de algumas plantas, sendo que este efeito positivo pode ser atribuído a um aumento de solubilidade de ferro resultante da acidez, ou à correção da deficiência interna de ferro pelo deslocamento deste elemento, pelo alumínio, dos sítios onde ele é metabolicamente inativo conforme descreve GRIME & HODGSON (42), ou ainda pelo bloqueio de cargas negativas da parede celular propiciando uma maior absorção de fósforo de acordo com MULLETTE & HANNON (70).

FOY et alii (37) relataram que os mecanismos fisiológicos responsáveis pela resposta da planta ao alumínio podem ser variáveis entre as diferentes espécies e cultivares, sendo possivelmente controladas por diferentes rotas bioquímicas, assim, uma planta tolerante ao alumínio pode prevenir a absorção deste elemento ou então complexá-lo após sua absorção.

Em geral a toxicidade provocada pelo alumínio nas camadas superficiais e profundas do solo é muito prejudicial pois interferem negativamente na penetração e ramificação das

raízes, limitando o aproveitamento da água disponível nas camadas mais profundas do solo assim como o uso de nutrientes lixiviados para estas camadas em função da baixa CTC destes solos conforme relatam ARMIGER et alii (4), FOY et alii (34), OLMOS & CAMARGO (73), RAGLAND & COLEMAN (77) e SARTAIN & KAMPRATH (95).

Na presença de alumínio, as raízes são afetadas em suas funções biológicas e se atrofiam. Esse elemento deve ligar-se a ácidos nucleicos provocando a inibição da divisão celular como descrevem CORDEIRO et alii (25). De acordo com FERREIRA (33), o alumínio acumula-se preferencialmente nas raízes, provocando um primeiro efeito da toxidez pelo bloqueio do crescimento radicular, sendo que quanto maior a tolerância das plantas ao alumínio maior será a capacidade de translocar este elemento para a parte aérea. Segundo CLARKSON (21), FOY (35) e LANCE & PEARSON (47), as raízes danificadas por alumínio são caracterizadas como curtas, grossas e quebradiças com ausência de ramificações finas e com pouca eficiência na absorção de água e nutrientes.

FERREIRA et alii (32), MALAVOLTA (56), MASCARENHAS et alii (60), RAIJ & QUAGGIO (81), SARTAIN & KAMPRATH (96) e VIDOR & FREIRE (104) indicam que a calagem reduz ou elimina a presença de alumínio trocável do solo minimizando os efeitos tóxicos, pela sua precipitação como hidróxidos.

Com relação ao pH do solo, CAMARGO et alii (15), MARTINI et alii (57) e VIDOR & FREIRE (104 e 105) relatam que as propriedades químicas do solo são influenciadas pela calagem,

ocorrendo uma elevação do pH e um diminuição da saturação de alumínio, propiciando um efeito subsequente na solubilidade e toxidez de alumínio. BAUNGARTNER et alii (9), CAMARGO et alii (15), MAEDA (54), MALAVOLTA (56) e MASCARENHAS et alii (62) constataram que a aplicação de calcário eleva o pH do solo em ordem crescente correspondente a maiores doses de corretivo. Por sua vez RAIJ et alii (79), relatam que produções máximas de soja ocorreram quando se elevou o pH ao redor de 6,0 ou o teor de cálcio + magnésio em torno de 3 me/100cc de solo.

FERREIRA (33) citando vários autores relata que certos cultivares de trigo, cevada, arroz, ervilha e milho, tolerantes ao alumínio, elevam o pH da solução nutritiva reduzindo assim a solubilidade deste elemento, enquanto cultivares da mesma espécie, sensíveis ao alumínio, diminuem ou não alteram o pH da solução nutritiva sofrendo os efeitos prejudiciais de maiores concentrações de alumínio.

Trabalhando com seis cultivares de soja, MAEDA (54) verificou que enquanto no método do alumínio trocável não houve influência das cultivares no pH do solo, nos métodos saturação de bases e SMP houve variação nos valores de pH para os diferentes cultivares testados. Resultados semelhantes foram obtidos com algodão por ADAMS & PEARSON (1).

#### 2.4. Efeito do alumínio e da calagem na cultura da soja

COSTA & BRAGA (27), FOY et alii (36), MAEDA (54), SAPRA et alii (94) e SOUZA et alii (102) relataram que



cultivares da mesma espécie diferem muitas vezes, de forma drástica, em sua tolerância às condições adversas do solo principalmente em relação a toxidez de alumínio.

ARMIGER et alii (4) em dois ensaios, em solo ácido, utilizando 48 e 15 cultivares de soja respectivamente, verificaram prejuízos nas raízes, parte aérea e produção, mas alguns cultivares mostraram tolerância ao alumínio. MUZILLI et alii (72) obtiveram resultados similares trabalhando com cultivares de soja e trigo.

SILVA (101), trabalhando em vasos, avaliou tolerância de cultivares de soja ao alumínio quantificando o aprofundamento do sistema radicular em camada de solo com elevada saturação de alumínio, sob uma camada corrigida e fertilizada. Os cultivares testados tiveram uma distribuição semelhante do sistema radicular que foi limitado no seu aprofundamento devido à elevada saturação de alumínio nas camadas inferiores, mas em compensação, houve uma intensa proliferação de raízes na camada corrigida, o que propiciou uma produção "normal" da matéria seca das raízes e da parte aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por SARTAIN & KAMPRATH (96).

A população de rizóbio no solo pode sofrer graves consequências em função das quantidades de calcário aplicadas. Segundo LOBATO et alii (49), normalmente a população de rizóbio no solo interage com uma série de fatores de natureza biológica e não biológica principalmente com acidez de solo e fatores associados como níveis altos de alumínio trocável e baixa

disponibilidade de Ca e P. O alumínio trocável provoca um redução da taxa de multiplicação do rizóbio dificultando um aumento da população dos mesmos, sendo verificado que corrigindo um solo ácido (pH 4,0), por meio da calagem, com a consequente elevação do pH e diminuição da concentração de alumínio, houve um aumento de dez vezes a população de rizóbio com relação à inicial. SARTAIN & KAMPRATH (96 e 97) verificaram que o alumínio prejudica tanto o número quanto o peso dos nódulos.

BORKERT (12) e COUTINHO et alii (28), usando o método tampão SMP constataram que a aplicação de calcário no solo tem dado respostas positivas na produção de grãos de soja, assim como no peso de matéria seca da planta e no funcionamento do processo simbiótico aumentando o peso e número de nódulos. Estes resultados foram também obtidos por REZENDE (85) e SANTOS et alii (93) usando o método de recomendação de calcário pelo teor de alumínio trocável.

BORKERT (12), MARTINI et alii (57) e VIDOR & FREIRE (104), ressaltam que o uso de doses muito altas de calcário pode levar a uma redução na nodulação. De modo geral, o maior peso de nódulos foi verificado quando usou-se o método do alumínio trocável que geralmente indica a menor dose de calcário, e menores pesos quando usados os métodos de saturação de bases e tampão SMP que indicaram maiores doses conforme relatam também MENGEL & KAMPRATH (67) e SAMARÃO et alii (91).

O nitrogênio é o nutriente mais requerido pela soja, em função disso se faz necessário propiciar ao sistema simbiótico de fixação de nitrogênio as melhores condições de

solo como pH, água e nutrientes. Vários estudos têm demonstrado que praticamente não há aumento de produção de soja quando foram aplicados fertilizantes nitrogenados em solos que sofreram calagem, pois nestas condições o processo simbiótico tem condições de suprir este elemento conforme relatam CAMPOS & SFREDO (16), e segundo MALAVOLTA (55) e SICHMANN (99) a soja pode extrair do ar, de 40 a 60% das suas necessidades.

O uso de inoculantes de comprovada eficiência, isoladamente, não é suficiente para assegurar fornecimento de nitrogênio à soja, pois o solo deve conter, em quantidade suficiente, cálcio e fósforo para a nutrição do rizóbio. SICHMANN (99), considera como ótima para o processo simbiótico uma faixa de pH entre 5,5 e 6,5, enquanto MASCARENHAS et alii (61) consideram que as bactérias atuam melhor quando a soma dos teores de cálcio e magnésio é maior ou igual a 3,0 me/100cc em solos argilosos. Estudos realizados por CHHONKAR & NEGI (1971) citados por REZENDE (85) relatam que nem sempre um elevado número de nódulos é proporcional aos rendimentos.

A calagem é portanto uma prática considerada indispensável para a cultura da soja quando se pretende sua exploração em solos ácidos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido no período de outubro de 1987 a abril de 1988 no Campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL, no município de Lavras do Estado de Minas Gerais, situado na latitude Sul  $21^{\circ}14'$ , longitude Oeste  $45^{\circ}00'$  e altitude de 900 metros, em solo classificado como Latossolo Roxo Distrófico de textura argilosa, fase cerrado, de relevo suave ondulado.

No Quadro 1 são apresentadas as características determinadas pela análise química e física das amostras de solo realizada no laboratório do Departamento de Ciência dos Solos da ESAL e a interpretação de níveis de fertilidade do solo de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (24).

Os dados sobre precipitação pluviométrica diária do local durante o período de condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

Quadro 1 - Resultados da análise química e física do solo onde foi implantado o experimento, ano agrícola 1987/88.

Características	Teores	Níveis
pH	4,9	Acidez elevada
P (ppm)	5,5	Baixo
K (ppm)	72,0	Alto
Ca (me/100cc)	1,0	Baixo
Mg (me/100cc)	0,2	Baixo
Al (me/100cc)	0,3	Baixo
H + Al (me/100cc)	4,5	Médio
S (me/100cc)	1,4	Baixo
t (me/100cc)	1,7	Baixo
T (me/100cc)	5,8	Médio
m (%)	18,0	Baixo
V (%)	23,0	Baixo
Areia (%)	13	
Limo (%)	26	
Argila (%)	61	

### 3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os três métodos de recomendação de doses de calcário constituíram as parcelas e as cultivares de soja as sub-parcelas.

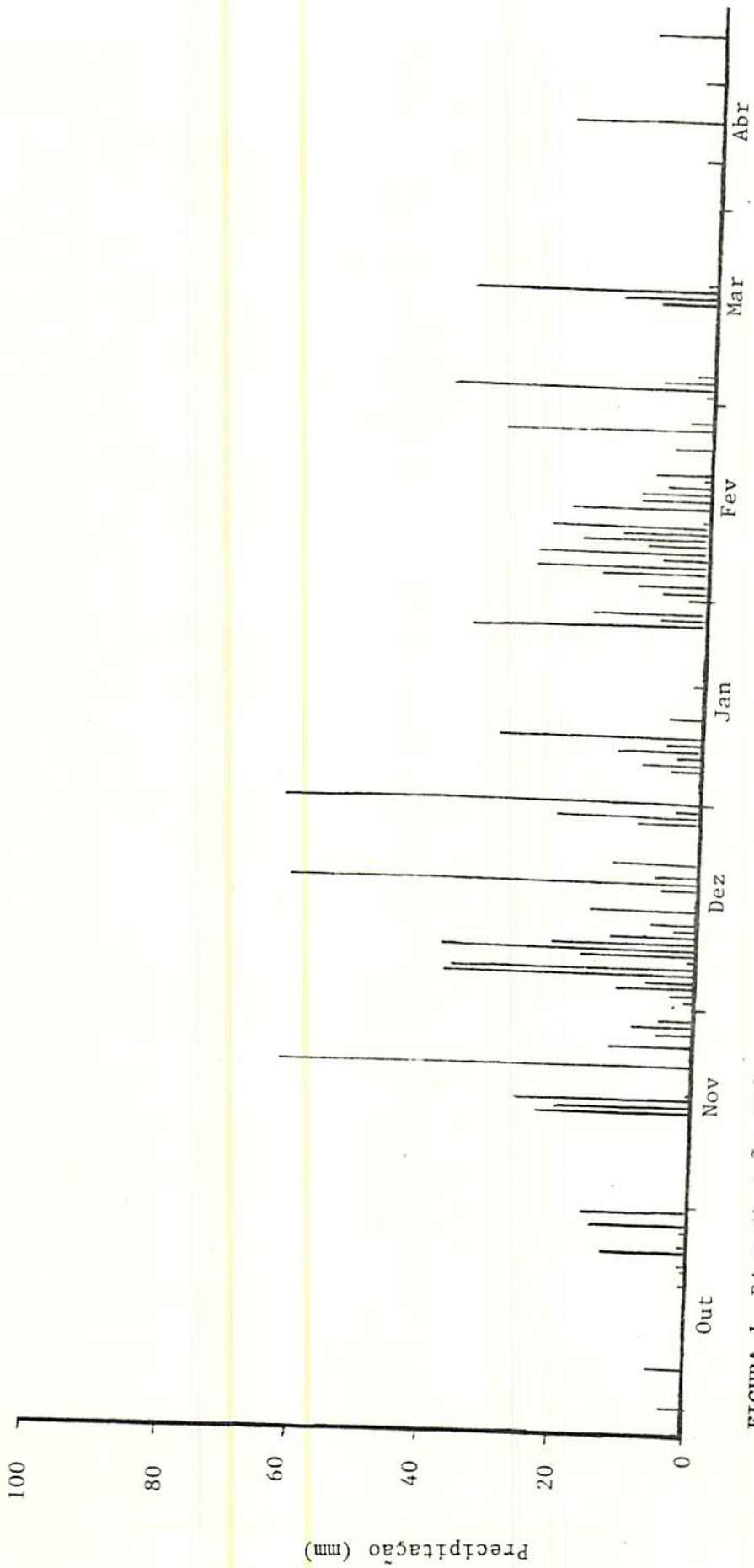


FIGURA I. Distribuição diária de chuvas de outubro de 1987 a abril de 1988, Lavras - MG

As sub-parcelas foram compostas de quatro fileiras com cinco metros de comprimento espaçadas de 0,50 m. Como área útil para efeito de avaliação das características, foram utilizadas as duas fileiras centrais, sendo eliminadas 0,50 m de cada extremidade, perfazendo desta forma uma área útil de 4,0 m<sup>2</sup>.

### 3.2.1. Cultivares de soja

Foram utilizados cinco cultivares de soja: IAC-8, DOKO, NUMBAÍRA, CRISTALINA e SAVANA (BR-9), todos de hábito de crescimento determinado e recomendados para o Estado de Minas Gerais.

### 3.2.2. Métodos de recomendação de calcário

#### 3.2.2.1. Método do alumínio

Método baseado no teor de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis. De acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (24), a quantidade de calcário a ser recomendada é calculada pela fórmula:

$$NC = 2 \times Al^{+++} + 2 - (Ca^{++} + Mg^{++}) \text{ onde:}$$

NC = necessidade de calcário em t/ha.

#### 3.2.2.2. Método da saturação de bases

A necessidade de calcário para este método foi

determinada de acordo com a fórmula demonstrada por QUAGGIO (75) já relatada anteriormente:

$$NC = \frac{T(V_2 - V_1)}{100} \times f$$

### 3.2.2.3. Método da solução SMP

De acordo com procedimentos adotados por QUAGGIO (75), a quantidade de calcário necessária para atingir um pH 6,0 a 6,5 foi determinada conforme tabela elaborada por MIELNICZUK (68).

### 3.3. Instalação e condução do experimento

A área experimental recebeu como preparo de solo uma aração e uma gradagem antes da aplicação do calcário, o qual foi incorporado com uma segunda gradagem. A calagem foi realizada com calcário dolomítico calcinado na dosagem de 1.400; 2.700 e 5.200 kg/ha para as recomendações dos métodos do alumínio e cálcio + magnésio, saturação de bases e SMP respectivamente.

Aos 34 dias após a calagem foi realizada a semeadura manual, sendo as sementes inoculadas com *Rhizobium japonicum* na dose de 200 g/40 kg de sementes. Todas as parcelas receberam adubações fosfatadas e potássicas nas doses de 90 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ , usando como fontes, respectivamente, superfosfato simples e cloreto de potássio. Dosagens estas, estabelecidas a partir de critérios da COMISSAO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (24).



O desbaste foi realizado aos 25 dias após sementeira de acordo com REZENDE et alii (86) deixando 25 plantas por metro linear. Durante a condução do experimento, foi realizada uma capina utilizando-se tração animal aos 35 dias após sementeira.

### **3.4. Características avaliadas**

#### **3.4.1. Altura da planta**

Determinada do solo até a extremidade da haste principal, logo após a maturação, em dez plantas das linhas úteis tomadas ao acaso, sendo o resultado expresso em centímetros.

#### **3.4.2. Altura da inserção da primeira vagem**

Determinada nas mesmas dez plantas citadas acima, considerando-se a distância, em centímetros, do solo até extremidade mais baixa da primeira vagem.

#### **3.4.3. Grau de acamamento**

Determinado de acordo com notas de 1 a 5 correspondendo a critérios arbitrados por BERNARD et alii (10).

1. Todas as plantas eretas;
2. Algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas;
3. Todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25% a 50% das plantas acamadas;

4. Todas as plantas moderadamente inclinadas ou 50% a 80% das plantas acamadas;
5. Todas as plantas acamadas.

#### 3.4.4. Nodulação

Determinada aos 40 dias após emergência, retirando-se dez plantas com terra da bordadura de cada sub-parcela e lavando as raízes com o auxílio de uma peneira fina. Foram avaliados, o número de nódulos e seu peso de matéria seca após secagem em estufa a 65°C até os mesmos apresentarem peso constante. Os dados de contagem do número de nódulos foram transformados para  $\sqrt{X+2}$  para efeito de análise estatística. Posteriormente, para apresentação do quadro de médias, foram colocados os dados originais.

#### 3.4.5. Rendimento de grãos

Determinado em toda área útil de cada sub-parcela, sendo a semente armazenada em ambiente seco e arejado. Por ocasião da avaliação do rendimento, foi medido o teor de umidade das sementes correspondentes a cada sub-parcela e seu peso corrigido para 13% de umidade.

#### 3.4.6. Análise química da planta

As amostras foram coletadas no campo de acordo com

TRANI et alii (104) sendo as análises realizadas no laboratório do Departamento de Química da ESAL, mensurando os teores na matéria seca da parte aérea das plantas de soja, por sub-parcela, dos seguintes elementos: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e zinco.

#### 3.4.7. Análise química do solo

Determinada no laboratório do Departamento de Ciência dos Solos da ESAL, analisando os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e pH do solo a partir de amostras de todas as sub-parcelas, na época da colheita das plantas de soja.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Características químicas do solo

Conforme indica o Quadro 2, somente os métodos de recomendação de calcário apresentaram diferença significativa sobre o pH e os teores de cálcio, magnésio e alumínio no solo. Não foram observadas diferenças significativas dos cultivares e das interações cultivares x métodos.

Os altos coeficientes de variação observados para fósforo, magnésio e alumínio, sugerem que para trabalhos similares, devam ser coletados maior número de amostras das sub-parcelas afim de obter maior homogeneidade das mesmas.

#### 4.1.1. Fósforo

As doses crescentes de calcário determinadas pelos três métodos de recomendação utilizados, não influenciaram significativamente o fósforo disponível no solo (Quadro 3). Esses resultados não concordam com os obtidos por BORGES (13), FAGERIA & MORAIS (30), MALAVOLTA (56) e MARTINI & MUTTERS (57). As respostas obtidas no presente trabalho poderiam ser

Quadro 2. Resumo da análise de variância de algumas características químicas do solo avaliadas no ensaio de cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios das características químicas do solo					
		Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Alumínio	pH
Método (M)	2	109,5500	185,3166	11,2541 **	2,5695 **	0,0087 *	1,1808 **
Cultivar (C)	4	33,1917	244,2333	0,0952	0,0347	0,0008	0,0258
M x C	8	44,4667	119,7958	0,9587	0,0501	0,0022	0,0248
Erro (M)	6	49,5944	117,3389	0,4319	0,1773	0,0015	0,1639
Erro (C)	36	63,8083	217,0750	0,5835	0,1027	0,0008	0,0736
CV <sub>M</sub> (%)		47,10	20,84	19,12	39,72	46,49	6,82
CV <sub>C</sub> (%)		53,43	28,35	22,23	30,23	33,95	4,57

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

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

explicadas pelo fato de que o pH médio obtido pelo método do alumínio trocável foi de 5,6, pelo da saturação de bases de 5,9 e pelo SMP de 6,2, e encontram-se numa faixa que permite redução das concentrações de alumínio e ferro que fixam o fósforo na forma de fosfatos, conforme mencionam BUCKMANN & BRADY (13). Poderia ter ocorrido ainda um início de precipitação na forma de fosfato de cálcio de baixa solubilidade dado ao fato do pH do solo encontrar-se próximo ao pH 6,5 onde ocorre este tipo de precipitação conforme relatam BORGES (11), FOY (34), MALAVOLTA (56) e MARTINI & MUTTERS (57). MUZILLI & GODOY (71) corrigindo solo com calagem através de método de incubação para atingir pH 6,5, constataram que a calagem em qualquer dos níveis testados não influenciou os teores de fósforo disponível determinado no solo.

Os cultivares utilizados não proporcionaram retiradas diferenciais de fósforo no solo conforme indica o Quadro 3.

Quadro 3 - Teores médios de fósforo disponível no solo, em ppm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Fósforo	Cultivares	Fósforo
Alumínio	13,15	IAC-8	14,83
		Doko	16,00
Sat. Bases	14,45	Numbaíra	16,08
		Cristalina	12,25
SMP	17,50	Savana	16,00

#### 4.1.2. Potássio

A disponibilidade de potássio no solo, a semelhança do fósforo, não foi influenciada significativamente pelas doses crescentes de calcário determinadas pelos métodos de recomendação aqui utilizados (Quadro 4). Considerando-se que o solo inicialmente tinha alto teor de potássio disponível (72 ppm) e recebeu ainda adubação potássica, os teores determinados podem ser considerados baixos (49 a 55 ppm) mesmo levando em conta que o potássio é o nutriente extraído em maior quantidade pelo grão de soja, superado apenas pelo nitrogênio como descrevem BATAGLIA & MASCARENHAS (8) e ROSOLEM et alii (90). MORAES (69) relata que o potássio é um nutriente prontamente translocado para o grão da soja, daí a planta necessitar de quantidade relativamente elevada do elemento causando decréscimo de seu teor no solo.

Quadro 4 - Teores médios de potássio disponível no solo, em ppm, no ensaio de cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Potássio	Cultivares	Potássio
Alumínio	53,35	IAC-8	51,25
		Doko	51,75
Sat. Bases	51,10	Numbaíra	57,08
		Cristalina	54,67
SMP	49,45	Savana	45,08

Efeitos de lixiviação do nutriente em função da pluviosidade também poderia ser uma causa do menor teor constatado, uma vez que durante a condução do experimento foi observada uma precipitação total de 1166 mm, comparável às maiores médias da região no período citado. Resultados similares foram obtidos por CASTRO et alii (17) que estudando diferentes formas de potássio em solos de diversos estados do Brasil, verificaram que o teor de potássio do solo está ligado ao regime pluviométrico, assim menores teores de potássio deverão ser encontrados em solos com alta precipitação pluviométrica.

Não foi verificada influência significativa dos cultivares utilizados no teor de potássio no solo conforme consta no Quadro 4.

#### 4.1.3. Cálcio e Magnésio trocáveis

Os teores de cálcio no solo foram aumentados significativamente pelos métodos de recomendação de calcário utilizados, sendo este aumento concomitante às quantidades de calcário aplicadas no solo (Quadro 5). Esses resultados eram até certo ponto esperados e concordam com os obtidos por MAEDA (54), MASCARENHAS et alii (62), QUAGGIO et alii (76) e SARTAIN & KAMPRATH (96).

Os teores de cálcio encontrados variaram de 2,69 me/100cc a 4,19 me/100cc, sendo superiores ao valor observado na análise inicial do solo que foi de 1,0 me/100cc, o



que indica que todos os métodos utilizados apresentaram suprimento suficiente de cálcio para a planta.

O teor de magnésio no solo apresentou o mesmo comportamento relatado para o cálcio, ou seja aumentando com as doses crescentes de calcário determinadas pelos métodos de recomendação (Quadro 6). O uso de calcário dolomítico com 15% de MgO seguramente deve ter contribuído para estes resultados, sendo ainda similares aos obtidos por BORGES (11), MARTINI & MUTTERS (8), MASCARENHAS et alii (60), QUAGGIO et alii (76) e RAIJ et alii (79) que usando doses crescentes de calcário, verificaram aumento nos teores de magnésio no solo.

Quadro 5 - Teores médios de cálcio trocável no solo, em me/100cc, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Cálcio	Cultivares	Cálcio
Alumínio	2,69 c	IAC-8	3,53
		Doko	3,45
Sat. Bases	3,42 b	Numbaíra	3,29
		Cristalina	3,50
SMP	4,19 a	Savana	3,42

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quadro 6 - Teores médios de magnésio trocável no solo, em me/100cc, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Magnésio	Cultivares	Magnésio
Alumínio	0,74 b	IAC-8	1,07
		Doko	0,98
Sat. Bases	0,98 b	Numbaíra	1,05
		Cristalina	1,13
SMP	1,45 a	Savana	1,07

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Da mesma maneira que o cálcio, o teor de magnésio apresentou uma variação de 0,74 a 1,45 me/100cc de solo, sendo estes valores superiores aos encontrados por ocasião do plantio que foi de 0,2 me/100cc, o que indica que todos os métodos de recomendação de calagem utilizados apresentaram suprimento suficiente de magnésio para as plantas.

Os teores de Ca + Mg encontrados neste trabalho variaram de 3,43 a 5,64 me/100cc de solo, que representam níveis adequados desses elementos para as plantas de acordo com RAIJ et alii (79) que constataram produções máximas de soja quando se elevou o teor de Ca + Mg acima de 3 me/100cc de solo.

Quanto aos cultivares testados, verificou-se que, em função destes, não ocorreu diferença significativa nos teores de cálcio e magnésio no solo (Quadro 5 e 6), concordando com resultados obtidos por MAEDA (54).

#### 4.1.4. Alumínio trocável

Acréscimos na quantidade de calcário aplicado, em função do método de recomendação, corresponderam a menores teores de alumínio no solo (Quadro 7). Esses resultados eram esperados e concordam com dados de outros autores como FERREIRA et alii (32), MALAVOLTA (56), MASCARENHAS et alii (60), RAIJ & QUAGGIO (81), SARTAIN & KAMPRATH (96) e VIDOR & FREIRE (104). Esses autores atribuem este efeito à precipitação do alumínio na forma de hidróxidos. Assim, o método do alumínio que indicou a menor dose de calcário, proporcionou maior teor de alumínio no solo que os outros métodos, mas mesmo assim em níveis considerados baixos de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (24) que considera como nível baixo os teores menores a 0,3 me/100cc de solo. O fato verificado de que a menor dose indicada de calcário resultou em teor baixo de alumínio no solo pode advir, talvez, do relativamente baixo teor original deste elemento no solo.

Os cultivares testados não proporcionaram mudança significativa no teor de alumínio trocável no solo (Quadro 7), o que concorda com trabalho de MAEDA (54) que obteve resultado similar usando seis cultivares de soja.

Quadro 7 - Teores médios de alumínio trocável no solo, em me/100cc, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Alumínio	Cultivares	Alumínio
Alumínio	0,10 a	IAC-8	0,07
		Doko	0,07
Sat. Bases	0,09 ab	Numbaíra	0,09
		Cristalina	0,08
SMP	0,06 b	Savana	0,09

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.1.5. pH do solo

Em concordância com BAUNGARTNER et alii (9), CAMARGO et alii (15), MALAVOLTA (56) e MASCARENHAS et alii (62), o pH do solo apresentou um resultado esperado, aumentando seu valor a medida que se aumentava a dose de calcário. Assim, quando utilizado o método SMP para recomendação de calcário, que indicou a maior dose, foi verificado maior pH comparado aos outros dois métodos de acordo com o Quadro 8.

Quadro 8 - Médias de valores de pH do solo, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	pH	Cultivares	pH
Alumínio	5,6 b	IAC-8	5,9
		Doko	5,9
Sat. Bases	5,9 ab	Numbaíra	5,9
		Cristalina	6,0
SMP	6,2 a	Savana	6,0

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Grande número de autores sugere que para a maioria das culturas a serem cultivadas em solos ácidos, é suficiente elevar o pH para a faixa de 5,0 a 6,0 pois, como relatam SOUZA et alii (102), acima de pH 5,5 todo alumínio trocável é neutralizado desaparecendo a sua toxicidade. MUZILLI & GODOY (71) relatam que quando o pH do solo foi superior a 5,4 o teor de alumínio trocável foi próximo de zero e os teores de Ca + Mg superiores a 4,7 me/100cc, o que representa resultados similares aos obtidos neste trabalho.

O pH 6,2 verificado no método SMP está inserido na faixa ótima de pH para a soja que é de 6,0 a 6,5 segundo SICHMANN (99), estando de acordo com resultados obtidos por

SOUZA et alii (102) que avaliando métodos de recomendação de calcário para solos de cerrado, encontraram que o SMP foi método que apresentou melhor correlação com as necessidades de calcário por incubação com  $\text{CaCO}_3$  para elevar o pH a 6,0.

Os índices de pH do solo não foram alterados significativamente em função dos cultivares testados (Quadro 8), concordando com resultados obtidos por FOY et alii (1969) relatado por FERREIRA (33).

#### 4.2. Nutrientes acumulados pela parte aérea da planta de soja

As quantidades de nutrientes acumuladas pela parte aérea dos cultivares de soja e sua relação com a dose de calcário aplicada ao solo de acordo com a determinação de cada método de recomendação de calagem aqui utilizado, são mostradas na análise de variância de dados constantes no Quadro 9.

De acordo com esse Quadro, houve efeito significativo dos métodos para os nutrientes nitrogênio, magnésio e zinco, e dos cultivares para magnésio e zinco. Não foi verificado efeito significativo da interação método x cultivar para nenhum dos elementos analisados.

##### 4.2.1. Nitrogênio

O teor de nitrogênio acumulado na parte aérea da planta, variou com as doses crescentes de calcário determinadas pelos métodos de recomendação (Quadro 10). Foi verificado que no

Quadro 9 - Resumo da análise de variância para quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea da planta de soja no ensaio de cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio de nutrientes acumulados pela parte aérea da planta					
		Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Zinco	Nitrogênio
Método (M)	2	0,0014	0,1662	0,0224	0,0241 *	229,2156 *	1,001 *
Cultivar (C)	4	0,0033	0,1400	0,0709	0,0553 **	123,0763 **	0,211
M x C	8	0,0005	0,0527	0,0126	0,0020	11,3767	0,146
Erro (M)	6	0,0007	0,0585	0,0431	0,0039	34,9634	0,168
Erro (C)	36	0,0011	0,0627	0,0264	0,0025	13,9741	0,102
CV <sub>M</sub> (%)		9,12	9,95	15,02	14,56	15,96	8,47
CV <sub>C</sub> (%)		11,24	10,30	11,74	11,59	10,09	6,59

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

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

método da solução SMP, que indicou a maior dose, ocorreu maior acúmulo que nos outros dois métodos devido à elevação do pH do solo a 6,2, o que favorece a absorção do nitrogênio pelas plantas de acordo com MALVOLTA (55), que indica a faixa de pH 6,0 a 7,0 como a de maior disponibilidade do elemento.

Quadro 10 - Teores médios de nitrogênio acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Nitrogênio	Cultivares	Nitrogênio
Alumínio	4,58 b	IAC-8	4,81
		Doko	4,63
Sat. Bases	4,94 ab	Numbaíra	4,87
		Cristalina	4,95
SMP	5,00 a	Savana	4,95

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Este maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta, pode ser devido principalmente à fixação do elemento através da simbiose *Rhizobium japonicum* x planta, em função das condições ótimas do solo para a eficiência deste processo. No presente trabalho foi verificado um pH 6,2 e uma soma de teores



no solo de cálcio e magnésio no valor de 5,64 me/100cc, concordando com relato de SICHMANN (99) que considera a faixa ótima de pH 5,5 a 6,5, e com MASCARENHAS et alii (61) que consideram que as bactérias atuam melhor quando a soma dos teores de cálcio e magnésio é igual ou maior a 3,0 me/100cc em solos argilosos.

Para os métodos de recomendação de calcário foi verificado que o teor de nitrogênio acumulado na parte aérea da planta foi de 4,58 a 5,00%. Estes teores de nitrogênio acumulados são considerados adequados para satisfazer as necessidades da planta, pois segundo MASCARENHAS et alii (61) citando OHLROGGE & KAMPRATH - 1968, os teores adequados são de 4,51 a 5,50%.

Os cultivares testados não apresentaram diferença significativa no teor de nitrogênio acumulado (Quadro 10) embora esse elemento seja o mais absorvido pela planta.

#### 4.2.2. Fósforo

Não foi verificada diferença significativa nos níveis de fósforo acumulado na parte aérea da planta em função das doses crescentes de calcário por determinação dos métodos de recomendação (Quadro 11). Resultados similares foram obtidos por MENGEL & KAMPRATH (67) e SARTAIN & KAMPRATH (97). Outros autores como BORGES (11), MAEDA (54) e MARTINI & MUTTERS (59) não obtiveram estes resultados pois constataram decréscimo nos teores de fósforo acumulado na parte aérea em função das doses

crescentes de calcário, em trabalhos conduzidos em vasos, em casa de vegetação, e com altos índices de pH.

Quadro 11 - Teores de fósforo acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Fósforo	Cultivares	Fósforo
Alumínio	0,30	IAC-8	0,27
		Doko	0,29
Sat. Bases	0,29	Numbaíra	0,30
		Cristalina	0,28
SMP	0,30	Savana	0,31

Para os métodos de recomendação de calcário foi verificado um teor de fósforo acumulado, na parte aérea da planta, de 0,27% a 0,31%. Estes valores encontram-se dentro da faixa adequada de teores de fósforo na parte aérea que é de 0,26% a 0,50% de acordo com MASCARENHAS et alii (61) citando OHLROGGE & KAMPRATH (1968) satisfazendo a necessidade da planta. Resultados semelhantes foram também obtidos por FREITAS (38).

GOEDERT & SOUZA (41) e RAIJ et alii (82), entre outros autores, relatam que espécies de plantas, e mesmo entre variedades da mesma espécie, apresentam variação na capacidade de extrair fósforo do solo. Este fato não foi verificado com os

cultivares utilizados neste trabalho, o que concorda com resultados obtidos por MAEDA (54) que testando seis cultivares de soja não encontrou também diferença significativa. Este resultado pode ser devido ao fato desses cultivares possuírem a mesma capacidade de extrair fósforo do solo ou à de encontrarem um nível ótimo de disponibilidade de fósforo que situa-se na faixa de pH 5,6 a 6,2 observado no presente trabalho, o que concorda com BORGES (11), BUCKMAN & BRADY (13), FOY (34), MALAVOLTA (56) e MARTINI & MUTTERS (59) que relatam como nível ótimo de pH aquele compreendido entre 5,5 e 6,5.

#### 4.2.3. Potássio

Os níveis de potássio acumulados na parte aérea da planta de soja, não apresentaram diferença significativa em resposta a crescentes doses de calcário determinadas pelos três métodos de recomendação utilizados (Quadro 12). Resultados semelhantes foram obtidos por MENGEL & KAMPRATH (67), embora BORGES (11) e MAEDA (54) tenham verificado decréscimos no teor do elemento em ensaios realizados em vasos em casa de vegetação.

Os teores de potássio acumulados na parte aérea da planta de soja, seguem a mesma tendência com os encontrados na solução do solo. Esta observação pode estar relacionada a dados experimentais de MASCARENHAS et alii (61) que não verificaram resposta da soja a diferentes níveis de adubação potássica em solos cujos teores de potássio no solo ultrapassaram o limite de 48 ppm. Neste trabalho, inicialmente, foi encontrado um teor de potássio de 72 ppm.

Quadro 12 - Teores médios de potássio acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Potássio	Cultivares	Potássio
Alumínio	2,50	IAC-8	2,46
		Doko	2,59
Sat. Bases	2,46	Numbaíra	2,32
		Cristalina	2,44
SMP	2,33	Savana	2,35

Foi verificado que para os métodos de recomendação de calcário, o teor de potássio acumulado na parte aérea da planta foi de 2,32% a 2,59%. Estes valores encontram-se dentro do intervalo de níveis de potássio na parte aérea da planta de soja que de acordo com MASCARENHAS et alii (61) citando OHLROGGE & KAMPRATH (1968), situa-se na faixa de 1,71% a 2,50%. Resultados semelhantes foram observados por BATAGLIA & MASCARENHAS (7) que usando cinco níveis de potássio verificaram que produções acima de 2.000 Kg/ha estão relacionadas com níveis de potássio na planta acima de 1,8%.

Não foi verificada diferença significativa entre os cultivares na acumulação de potássio na parte aérea da planta (Quadro 12). Esses resultados evidenciaram que para os cultivares testados, o método de recomendação de calcário pelo

teor de alumínio trocável que indicou a menor dose já é suficiente. A mesma observação foi feita por MAEDA (54) trabalhando com outros cultivares de soja em casa de vegetação.

#### 4.2.4. Cálcio

Embora tenham sido constatados níveis crescentes de cálcio trocável no solo, correspondendo a doses crescentes de calcário determinadas pelos métodos de recomendação, esta relação não se manifestou nos teores de cálcio acumulado na parte aérea da planta (Quadro 13). Resultados similares foram verificados por COUTINHO et alii (28) analisando o comportamento de variedades de soja em relação a toxidez de alumínio.

Quadro 13 - Teores médios de cálcio acumulado pela parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Cálcio	Cultivares	Cálcio
Alumínio	1,41	IAC-8	1,29
		Doko	1,34
Sat. Bases	1,38	Numbaíra	1,46
		Cristalina	1,36
SMP	1,35	Savana	1,46

Diversos autores observaram que altas doses de calcário propiciaram uma diminuição dos níveis de cálcio acumulados na parte aérea da planta de soja, sendo que BORGES (11) atribuiu este efeito à elevação do pH alterando a absorção deste elemento, enquanto MARTINI & MUTTERS (57) relataram ser devido a danos ocorridos no sistema radicular ocasionados pelo excesso do próprio cálcio. MALAVOLTA (55) credita esta redução, também, à presença de altas concentrações de potássio e magnésio na solução do solo.

A literatura evidencia, ainda, alguma interação entre fósforo e cálcio na nutrição de soja. MORAES (69) citando CORDEIRO et alii (1979), relata que estes verificaram que o acúmulo de cálcio pelas folhas foi inibido por níveis crescentes de fósforo.

Para os métodos de recomendação de calcário, foi verificado que o teor de cálcio na parte aérea da planta foi de 1,29 a 1,46%. Estes valores podem ser considerados satisfatórios para as necessidades das plantas, pois segundo MASCARENHAS et alii (61) citando OHLROGGE & KAMPRATH (1968), a faixa adequada de teores de cálcio na parte aérea da planta de soja é de 0,36 a 2,00%. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por BATAGLIA & MASCARENHAS (7) que relacionaram produções acima de 2.000 Kg/ha de grãos de soja a níveis de cálcio na parte aérea da planta acima de 1,3%.

A acumulação de cálcio na parte da aérea da planta não apresentou diferença significativa, também, entre os cultivares de soja testados (Quadro 13), evidenciando assim que o método do

alumínio trocável, que recomendou a menor dose foi suficiente para a disponibilidade e absorção do elemento.

#### 4.2.5. Magnésio

Na média, o teor de magnésio acumulado na parte aérea da planta, variou com as doses crescentes de calcário indicadas pelos métodos de recomendação (Quadro 14). No método SMP, que indicou a maior dose, foi verificado maior acúmulo do que pelos outros dois métodos, concordando com resultados obtidos por GALLO et alii (39) usando calcário dolomítico em doses crescentes e com três tipos de calcário. Resultados inversos foram verificados por MAEDA (54) e MARTINI & MUTTERS (58) em casa de vegetação.

Este maior acúmulo de magnésio, pelo método SMP, na parte aérea da planta apresentou a mesma tendência dos teores deste elemento verificados no solo. Este efeito de maior absorção pode ser devido à resposta da planta à adição de magnésio, pelo calcário dolomítico, a um solo que inicialmente apresentava baixo teor do elemento (0,20 me/100cc), pois segundo RAIJ (78) é considerado como nível baixo, teores menores a 0,4 me/100cc. A causa da maior absorção de magnésio pela planta pode ser devido, ainda, ao fato de que altas concentrações de magnésio na solução do solo diminuem a absorção de outros elementos como cálcio e fósforo como relata malavolta (55).

Foi verificado que para os métodos de recomendação de calcário, o teor de magnésio na parte aérea da planta foi de

Quadro 14 - Teores médios de magnésio acumulado na parte aérea da planta de soja, em %, no ensaio de cultivares e m todos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

M todos	Cultivares					Média
	IAC-8	Doko	Numbaíra	Cristalina	Savana	
Alumínio	0,31 b	0,39 a	0,43 b	0,36 a	0,49 a	0,40 b
Sat. Bases	0,32 ab	0,42 a	0,52 a	0,39 a	0,50 a	0,43 ab
SMP	0,41 a	0,43 a	0,52 a	0,41 a	0,54 a	0,46 a
Média	0,35 C	0,41 B	0,49 A	0,39 BC	0,51 A	

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



0,31% a 0,54%. Estes percentuais de acumulação do nutriente são considerados adequados para suprir as necessidades da planta pois segundo MASCARENHAS et alii (61) citando OHLROGGE & KAMPRATH (1968) a faixa de teores de magnésio na parte aérea da planta de soja é de 0,26% a 1,00%.

A interação cultivares x métodos de recomendação, embora não significativa foi desdobrada, verificando-se que quanto aos cultivares testados, Numbaíra e Savana se destacaram apresentando significativamente, maior teor de magnésio na parte aérea da planta (Quadro 14). Analisando-se a absorção desse elemento para cada cultivar dentro dos métodos, verifica-se que os cultivares Doko, Cristalina e Savana não apresentaram diferenças significativas de absorção, enquanto IAC-8 e Numbaíra mostraram maior absorção nos métodos de saturação de bases e SMP. Respostas diferenciais de plantas à absorção de magnésio foram também observadas por MAEDA (54).

#### 4.2.6. Zinco

O aumento das doses de calcário, por indicação dos métodos de recomendação, proporcionou um decréscimo significativo do teor de zinco na parte aérea da planta, verificando-se assim maior acúmulo pelo método do alumínio trocável que indicou a menor dose de calcário e menor acúmulo nos outros dois métodos (Quadro 15). Resultados semelhantes foram obtidos em milho por IGUE & GALLO (43) e RITCHEY et alii (88), em arroz por KHAN (45), em café por CHAVES et alii (20) e em soja por MAEDA (54).

Quadro 15 - Teores médios de zinco acumulado pela parte aérea da planta de soja, em ppm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Zinco	Cultivares	Zinco
Alumínio	40,93 a	IAC-8	33,42 b
		Doko	37,59 b
Sat. Bases	34,73 b	Numbaíra	36,35 b
		Cristalina	35,77 b
SMP	35,49 ab	Savana	42,11 a

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esta redução de acúmulo de zinco na parte aérea da planta, deve estar relacionada a um decréscimo do teor de zinco na solução do solo em função da calagem como relatam MALAVOLTA (56) e MELLO et alii (65). Maiores quantidades de calcário aplicado nos métodos de saturação de bases e SMP propiciando altas concentrações de cálcio e magnésio na solução do solo seriam responsáveis, também, pela menor absorção de zinco pelas plantas como relatam MALAVOLTA (55) e SILVA et alii (100) ou ainda à alta concentração de fósforo que segundo MALAVOLTA (55) insolubiliza o zinco na superfície das raízes diminuindo seu transporte para a parte aérea.

Mesmo considerando esta redução de acúmulo de zinco com o acréscimo das doses de calcário, a faixa de pH nos três métodos está dentro do intervalo de maior disponibilidade deste elemento que seria pH entre 5,0 e 6,0 segundo LOPES & COX (52) e MALVOLTA (55). O teor de zinco variou de 33 a 42 ppm na planta, estando ainda acima do nível crítico na planta, que segundo TRANI et alii (03) é de 20 ppm, e de acordo com MASCARENHAS et alii (61) citando OHLROGGE & KAMPRATH (1968), a faixa adequada para suprir as necessidades da planta situa-se entre 21 a 50 ppm.

Em relação aos cultivares testados, verificou-se que Savana apresentou uma capacidade de absorver maior quantidade deste elemento diferenciando-se significativamente dos demais (Quadro 15). MAEDA (54) trabalhando com seis cultivares de soja em casa de vegetação não observou respostas diferenciais significativas para absorção deste elemento.

#### 4.3. Características agronômicas dos cultivares de soja

As análises de variância mostrando significância dos tratamentos testados, sobre as diversas características estudadas encontram-se no Quadro 16. A altura da inserção da primeira vagem e o rendimento de grãos foram significativamente influenciados pelas doses de calcário estimadas pelos métodos de recomendação. Os cultivares por sua vez afetaram significativamente a altura da inserção da primeira vagem, o grau de acamamento e o número de nódulos e seu peso de matéria

Quadro 16 - Resumo das análises de variância relativas a características agronômicas da planta de soja avaliadas no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		Altura da planta	Altura da 1ª vagem	Grau de acamamento	Número de nódulos	Peso de nódulos	Rendimento de grãos
Método (M)	2	163,705	98,925 *	0,129	3,327	427,117	3203416 **
Cultivar (C)	4	67,616	320,541 **	2,910 **	9,089 **	14290,375 **	773345
M x C	8	36,205	11,507	0,348	0,390	1170,075	287118
Erro (M)	6	40,585	9,682	0,335	0,815	1013,028	2838718
Erro (C)	36	31,737	18,567	0,277	0,568	1664,997	508879
CV <sub>M</sub> (%)		6,66	15,89	36,34	12,70	19,27	15,13
CV <sub>C</sub> (%)		5,89	21,59	33,06	10,60	24,70	20,26

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

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

seca. Nenhuma interação método x cultivar apresentou diferença significativa.

#### 4.3.1. Altura da planta e da inserção da primeira vagem e grau de acamamento

Apesar da ocorrência de um aumento na altura da planta correspondendo a maiores doses de calcário por determinação dos métodos de recomendação, esta diferença não foi significativa conforme mostra o Quadro 17. Resultados similares foram obtidos por CORDEIRO et alii (26) e também por MELLO (64) que estudando em 50 genótipos de soja o efeito da saturação de alumínio, constatou que com saturação de 63%, somente nove genótipos apresentavam diferenças significativas na altura da planta em relação a uma saturação de 3,5%. Outros autores como FERRARI et alii (31) e ARANTES et alii (3) verificaram significância no aumento da altura da planta quando elevado o nível de fertilidade do solo pela calagem. REZENDE (85) analisando o efeito da calagem sobre algumas características da soja em duas localidades, verificou significância no aumento da altura da planta na localidade de Uberaba, não acontecendo o mesmo na localidade de Lavras.

Foi verificado para os métodos de recomendação de calcário, que a altura da planta variou de 92,36 cm a 97,49 cm, estando esses limites acima daqueles recomendados pela Comissão Regional de Avaliação e Recomendação de Cultivares de Soja (1982) citada por ARANTES et alii (3) que estabelece uma altura mínima de 65 cm para uma colheita mecânica eficiente.

Quadro 17 - Médias de altura da planta, em cm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Altura da planta	Cultivares	Altura da planta
Alumínio	92,36	IAC-8	99,18
		Doko	96,83
Sat. Bases	97,13	Numbaíra	93,12
		Cristalina	94,58
SMP	97,49	Savana	94,58

A altura da inserção da primeira vagem, por sua vez, foi influenciada significativamente pelos métodos e cultivares conforme consta no Quadro 18. No método do alumínio trocável, que indicou a menor dose de calcário, foi observada a maior altura, que decresceu nos outros dois métodos. CORDEIRO et alii (26) não verificaram diferença significativa, enquanto FERRARI et alii (31) observaram aumento da altura da inserção. REZENDE (85) verificou que a calagem aumentou a altura da inserção da primeira vagem na localidade de Uberaba mas não na localidade de Lavras.

A altura média da inserção da primeira vagem variou de 15 cm a 28 cm, faixa esta que permite boas condições para a colheita mecânica, considerando que as colheitadeiras operam eficientemente até uma altura de 10 cm com relação ao solo.

Quadro 18 - Médias da altura da inserção da primeira vagem, em cm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Altura	
	1ª vagem	Altura Cultivares 1ª vagem
Alumínio	22,46 a	IAC-8 17,83 bc
		Doko 28,13 a
Sat. Bases	19,21 b	Numbaíra 21,85 b
		Cristalina 16,62 c
SMP	18,20 b	Savana 15,37 c

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O índice de acamamento não foi alterado significativamente pelos métodos de recomendação de calcário conforme mostra o Quadro 19. Esses resultados eram de certa forma esperados pois não foi constatada diferença significativa, também, na altura da planta, fatores esses que estão diretamente relacionados na cultura da soja. WEBER (106) verificou maiores índices de acamamento em função da calagem, enquanto REZENDE (85) em trabalho similar observou grau de acamamento significativo em Uberaba mas não em Lavras.

Os cultivares apresentaram diferenças significativas, tendo o cultivar Numbaíra mostrado maior índice de acamamento. ARANTES et alii (3), também encontraram diferenças no grau de acamamento para diferentes cultivares de soja.

De uma maneira geral, a altura da planta variando de 93 cm a 99 cm, altura da primeira vagem de 15 cm a 28 cm, e grau de acamamento de nota 1,2 a 2,4, podem ser considerados como índices satisfatórios para a colheita mecânica da soja.

Quadro 19 - Médias de grau de acamamento, em notas, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Acamamento	Cultivares	Acamamento
Alumínio	1,5	IAC-8	1,3 b
		Doko	1,2 b
Sat. Bases	1,6	Numbaíra	2,4 a
		Cristalina	1,7 b
SMP	1,7	Savana	1,4 b

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.3.2. Número de nódulos e peso da matéria seca dos nódulos

O aumento das doses de calcário determinadas pelo métodos de recomendação, não influenciaram significativamente o número e o peso da matéria seca dos nódulos (Quadro 20). Esses resultados não eram de certo modo esperados, pois de acordo com



vários autores como BORGES (11), COUTINHO et alii (28), REZENDE (85) e SARTAIN & KAMPRATH (96), o aumento da dose de calcário apresenta na maioria das vezes uma tendência de aumento da nodulação.

No presente trabalho, a ausência de respostas positivas da nodulação ao aumento das doses de calcário, pode ser devido ao fato de que já a menor dose de calcário, indicada pelo método do alumínio trocável (1,4 t/ha), ter sido suficiente para elevar o pH a 5,6 e a soma de teores, no solo, de cálcio e magnésio a valores de 3,43 me/100cc. Níveis estes que se encontram dentro da faixa ótima para atuação das bactérias no processo simbiótico, pH 5,5 a 6,5 de acordo com SICHMANN (99) e de soma de teores, no solo, de cálcio e magnésio maior que 3,0 me/100cc segundo MASCARENHAS et alii (61).

Resultados significativos para número e peso da matéria seca dos nódulos foram observados com os cultivares testados (Quadro 20). O cultivar IAC-8 apresentou maior número e peso de nódulos com relação aos demais. MALAVOLTA (55) verificou, também, maior peso de matéria seca dos nódulos no cultivar IAC-8 comparado com outros cultivares. Respostas diferenciais de plantas de soja à nodulação são frequentes e já foram obtidas por vários pesquisadores como REWARI et alii (84) e RIOS & DOBEREINER (87).

#### 4.3.3. Rendimento de grãos

De uma maneira geral, os rendimentos de grãos obtidos

Quadro 20 - Médias de número e peso da matéria seca, em mg, de nódulos por planta de soja, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Número de nódulos	Peso de nódulos	Cultivares	Número de nódulos	Peso de nódulos
Alumínio	53 a	160 a	IAC-8	70 a	217 a
			Doko	52 b	149 b
Sat. Bases	52 a	169 a	Numbaíra	41 bc	183 ab
			Cristalina	46 bc	135 b
SMP	43 a	166 a	Savana	38 c	141 b

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

neste trabalho foram elevados, variando de 2.986 Kg/ha a 4.551 Kg/ha, quando comparados a trabalhos similares de outros pesquisadores como FERRARI et alii (31), REZENDE (85) e SANTOS et alii (92).

Os métodos de recomendação de calcário alteraram significativamente esta característica com destaque para o método SMP que apresentou rendimentos de 11% e 26% superiores aos métodos de saturação de bases e do alumínio trocável respectivamente (Quadro 21). Resultados semelhantes foram também obtidos por outros pesquisadores como MASCARENHAS et alii (61), RAIJ et alii (79), SANTOS et alii (92) e SANTOS et alii (93).

Os cultivares testados não apresentaram diferenças significativas entre si, embora a tendência a maior rendimento tenha sido observada com o cultivar Savana (4551 Kg/ha) em todos os métodos, que em média geral proporcionou rendimentos superiores na ordem de 19%, 17%, 16% e 9% em relação aos cultivares Numbaíra, IAC-8, Doko e Cristalina respectivamente.

A interação cultivares x métodos de recomendação, apesar de não significativa foi desdobrada, evidenciando uma resposta diferencial dos cultivares aos métodos. Os cultivares Savana e Cristalina apresentaram maiores rendimentos com a utilização do método SMP. Comparando o método SMP aos métodos do alumínio trocável e de saturação de bases, o cultivar Cristalina respondeu com acréscimos no rendimento de grãos da ordem de 44% (1319 Kg/ha) e 23% (795 Kg/ha) respectivamente, enquanto no cultivar Savana os acréscimos respectivos foram de 39% (1270 Kg/ha) e 15% (594 Kg/ha).

Quadro 21 - Médias de rendimento de grãos, em Kg/ha, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1987/88, ESAL, Lavras-MG.

Métodos	Cultivares					Média
	IAC-8	Doko	Numbaíra	Cristalina	Savana	
Alumínio	3071,00 a	3044,00 a	3194,75 a	2986,50 b	3281,75 b	3115,60 b
Sat. Bases	3514,00 a	3572,75 a	3097,00 a	3510,50 ab	3957,25 ab	3530,30 ab
SMP	3506,50 a	3568,00 a	3647,00 a	4306,00 a	4551,75 a	3915,85 a
Média	3363,83 A	3394,92 A	3312,92 A	3601,00 A	3930,25 A	

As médias seguidas pelas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os cultivares IAC-8, Doko e Numbaíra não apresentaram resposta aos métodos empregados, sendo considerados menos exigentes em cálcio e magnésio. Esses resultados concordam com os obtidos por ARANTES et alii (2) que recomendam IAC-8 e Doko para solos de cerrado de primeiro ano, que normalmente são ácidos e na maioria das vezes não recebem calagem adequada.

Em se tratando de dados de apenas um ano, é necessário ressaltar que novos trabalhos a respeito desse assunto sejam conduzidos uma vez que, esse caracter é muito influenciado por fatores edafoclimáticos e o desempenho dos cultivares pode ser alterado.

## 5. CONCLUSÕES

- a) Os métodos de recomendação de calagem não alteraram significativamente o conteúdo de cálcio, fósforo e potássio na planta, o mesmo não se verificando com nitrogênio e magnésio que apresentaram maior acúmulo no método SMP e o zinco com o método do alumínio.
- b) A altura da planta, índice de acamamento, número e peso da matéria seca dos nódulos não foram influenciados significativamente pelos métodos de calagem empregados.
- c) Os cultivares testados não mostraram diferenças significativas para absorção de fósforo, potássio e cálcio. Por sua vez o magnésio foi absorvido em maior quantidade por Savana e Numbaíra e o zinco apenas por Savana.
- d) No solo, os níveis de cálcio, magnésio, alumínio e pH foram alterados significativamente pelos métodos de recomendação, por outro lado esses mesmos resultados não foram observados para o fósforo e o potássio. Os cultivares testados não proporcionaram

diferenças significativas em nenhuma das características observadas.

e) O rendimento de grãos dos diferentes cultivares utilizados apresentou resposta diferencial em função das quantidades de calcário estimadas pelos três métodos, sendo o método do alumínio mais indicado para os cultivares IAC-8, Doko e Numbaíra e o SMP para os cultivares Cristalina e Savana.

## 6. RESUMO

Com o intuito de verificar o comportamento de cinco cultivares de soja [ *Glycine max* (L) Merrill] indicados para Minas Gerais e das quantidades de calcário estimadas por três métodos de recomendação, foi conduzido um ensaio no Campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL, num Latossolo Roxo Distrófico de textura argilosa, fase cerrado, no período de outubro de 1987 a maio de 1988.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo os tratamentos dispostos em sistemas de parcelas sub-divididas com quatro repetições. Os três métodos de recomendação de quantidades de calcário: alumínio e cálcio + magnésio, saturação de bases e SMP, constituíram as parcelas. Os cultivares utilizados IAC-8, Doko, Numbaíra, Cristalina e Savana foram sorteados ao acaso dentro de cada método constituindo as sub-parcelas.

Foram analisadas as características químicas do solo (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e pH do solo), quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea da planta (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e zinco) e as características agronômicas, altura da planta e da inserção da



da primeira vagem, acamamento, número e peso da matéria seca dos nódulos e rendimento de grãos.

Aumentando as doses de calcário de acordo com o método utilizado, foi verificado no solo um aumento dos teores de cálcio e magnésio e pH, e menor teor de alumínio; na planta observou-se maior acúmulo de magnésio, zinco e nitrogênio. Ocorreu resposta diferencial no rendimento dos cultivares testados em função dos métodos. O método SMP foi o mais indicado para os cultivares Cristalina e Savana e o de alumínio para IAC-8, Doko e Numbaíra.

Os cultivares testados alteraram significativamente, apenas, o conteúdo de zinco e magnésio nas plantas.

## 7. SUMMARY

### PERFORMANCE OF SOYBEAN [*Glycine max* (L.) Merrill] CULTIVARS UNDER THREE METHODS OF LIME RECOMENDATION

The purpose of this study was to evaluate the performance of five soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars recommended to Minas Gerais State and the amounts of lime estimated by three methods of recommendation. The experiment was carried out at the Campus of Escola Superior de Agricultura de Lavras, in a dystrophic dusk red Latosol, clay texture, "cerrado" phase, from October 1987 to May 1988.

The experimental design was a randomized complete blocks with treatments displaced in a split-plot scheme, with four replications. The three methods of recommendation of lime amounts: aluminium and calcium + magnesium, bases saturation, and SMP were in the main plots. The cultivars used IAC-8, Doko, Numbaira, Cristalina, and Savana were randomly assigned as split-plots within every method of lime application.

Chemical properties of the soil (phosphorus, potassium, calcium, magnesium, aluminum, and pH), nutrients amounts accumulated in the plant top parts (nitrogen,

phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and zinc) and agronomic traits (plant height, first pod height, lodging, number and dry weight of nodules, and grain yield) were evaluated.

Increasing doses of lime, according to the method used, increased the amounts of calcium, and pH and reduced the aluminium amount in the soil; in the plant it was observed accumulation of magnesium, zinc, and nitrogen. Differential responses in grain yield by the cultivars tested according to the methods of lime application were also detected. The SMP method was the most suited to cultivars Cristalina and Savana, whereas the aluminum and calcium + magnesium method should be indicated to "IAC-8", "Doko", and "Numbaíra".

The cultivars tested had significant alterations only in the amounts of zinc and magnesium in the plants.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, F. & PEARSON, R.W. Differential response of cotton and peanuts to subsoil acidity. *Agronomy Journal*, Madison, 62(1):9-12, Jan./Feb. 1970.
2. ARANTES, N.C.; REZENDE, A.M. de & SEDIYAMA, T. Cultivares de soja para Minas Gerais-1982. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 8(94):24-8, out. 1982.
3. ARANTES, N.E.; TANAKA, R.T. & REZENDE, A.M. de. Comportamento de 17 genótipos de soja em três diferentes níveis de fertilidade do solo sob vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, Campinas, 1985. *Anais...* Campinas, 1985. p.766-74.
4. ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & CALDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. *Agronomy Journal*, Madison, 60(1):67-70, Jan./Feb. 1968.

5. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. *Acidez do solo e calagem*, São Paulo, 1986. 16p. (Boletim Técnico, 2).
6. AZEVEDO, L.G. & CASER, R.L. Regionalização do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO; Uso e manejo, 5, Brasília, 1979. Quinto... Brasília, EDITERRA, 1980. p.213-29.
7. BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. *Absorção de nutrientes pela soja*. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 36p. (Boletim Técnico, 41).
8. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. *Nutrição mineral da soja*. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *A soja no Brasil central*, 2. ed. Campinas, 1982. p.115-33.
9. BAUNGARTNER, J.G.; LOPES, E.S.; DEMATTE, J.D.; MIYASAKA, S.; IGUE, T. & GUIMARÃES, G. *Calagem e adubação mineral da soja [Glycine max (L.) Merrill] variedade Santa Maria, em solo de várzea*. *Bragantia*, Campinas, 3(1):1-10, Jan. 1974.
10. BERNARD, R.L.; CHAMBERLAIN, D.W. & LAWRENCE, R.E. *Results of the cooperative uniform soybean tests*. Washington, USDA, 1965. 134p.

11. BORGES, A.L. Métodos de análise de solo para recomendação de calcário e obtenção do fator de calagem em casa-de-vegetação, na cultura de soja [ *Glycine max* (L) Merrill]. Viçosa, UFV, 1982. 58p. (Tese MS).
12. BORKERT, C.M. Efeito de calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos oxissolos Santo Ângelo e Passo Fundo e suas relações com a nodulação e rendimentos de duas cultivares de soja. Porto Alegre, UFRGRS, 1973. 97p. (Tese MS).
13. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N. Natureza e propriedades do solo. 6 ed. Rio de Janeiro, USAID, 1967. 594p.
14. BUOL, S.W.; SANCHES, P.A.; CATE, R.B. & GRANGER, M.A. Soil fertility capability classification: A technical soil classification for fertility management. In: BORNEMISZA, E. & ALVARADO, A. **Soil Management in Tropical America**. Raleigh, North Carolina State University, 1975. p.126-41.
15. CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. & DECHEN, A.R. Efeitos do pH e da encubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 6:83-8, 1982.

16. CAMPOS, R.J. & SFREDO, G.J. Nitrogênio na cultura da soja. Londrina, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1981. 6p. (Comunicado Técnico).
17. CASTRO, A.F. de.; ANASTÁCIO, M.L.A. & BARRETO, W. de O. Potássio disponível em horizontes superficiais de alguns solos brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, série agrônômica, Rio de Janeiro, 7:75-80, 1972.
18. CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência de cálcio dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre pH e saturação de bases. Revista de Agricultura, Piracicaba, 30:49-60, Jan./Mar. 1955.
19. CATE, R. Sugestões para adubação com base na análise de solo. Raleigh, North Carolina State University, 1965. 16p.
20. CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A. & IGUE, K. Respostas do cafeeiro à calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19:573-82, 1984.
21. CLARKSON, D.T. The effect of aluminum toxicity and some other trivalent metal cations on cell division in the root apices of *Allium cepa*. Annals Botany, London, 25:309-15, 1965.

22. CLARKSON, D.T. & SANDERSON, J. Inhibition of the uptake and long distance transport of calcium by aluminum and other polyvalent cations. *Journal Experimental Botany*, London, 22:837-51, 1971.
23. COLEMAN, N.T.; WEED, S.B. & McCracken, R.J. Liming. *Advance in Agronomy*, New York, 10:475-522, 1958.
24. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação*. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
25. CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.L.; BORKERT, C.M.; SARRUGE, J.R.; PALHANO, J.B. & CAMPO, R.J. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. *Ecologia, manejo e adubação da soja*. Londrina, 1979. p.19-62. (Circular técnica, 2).
26. CORDEIRO, J.L.R.; GOMES, E.R.; VELOSO, C.A.C. & RIBEIRO, J.F. Avaliação do efeito da calagem e da adubação fosfatada em soja em latossolo-vermelho-amarelo sob vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, Campinas, 1985. *Anais...* Campinas, 1985. p.755-65.



27. COSTA, A. & BRAGA, J.M. Resposta de variedades de soja a diferentes níveis de fósforo e saturação de alumínio. *Revista Ceres*, Viçosa, 31(178):434-43, nov./dez. 1984.
28. COUTINHO, C.; FREIRE, J.R.L. & VIDOR, C. Comportamento de variedades de soja em relação à toxidez de Al e Mn de solo ácido do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 7(2):133-41, 1971.
29. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. *Relatório Técnico Anual 1976/77*. Planaltina, 1978. 183p.
30. FAGERIA, N.K. & MORAIS, O.P. Avaliação de cultivares de arroz na utilização de cálcio e magnésio em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 22(7):667-72, July 1987.
31. FERRARI, R.A.R. Resposta do cultivar de soja Santa Rosa a aplicação de P, K, e calcário em latossolos do triângulo mineiro e sua correlação com a análise química do solo. Viçosa, UFV, 1974. 70p. (Tese MS).

32. FERREIRA, M.E.; LIMA, L.N.S. & SOUZA, E.A. Efeitos do fósforo e do calcário na produção de matéria seca de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. IAC-2 cultivada num solo sob vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1, Londrina, 1979. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1979, v.1, p.219-28.
33. FERREIRA, R. de P. Tolerância de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] ao alumínio em solução nutritiva. Viçosa, UFV, 1983. 53p. (Tese MS).
34. FOY, C.D. Effects of aluminum on plants growth. In: CARSON, E.W. *The Plant Root and its Environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p.601-42.
35. \_\_\_\_\_. General principles involved in screening plants for aluminum and manganese tolerance. In: WRITH, M.J. *Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils*. New York, 1976. p.65-72.
36. \_\_\_\_\_; ARMIGER, W.H.; FLEMING, A.L. & ZAUMEYER, W.J. Differential tolerance of drybean, snapbean and lima bean varieties to and acid high exchangeable aluminum. *Agronomy Journal*, Madison, 59(6):561-3, Nov./Dec. 1967.
37. \_\_\_\_\_; CHANEY, R.L. & WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, Palo Alto, 29:511-66, 1978.

38. FREITAS, L.M.M. Calagem e adubação da soja em solos de campo cerrado. In: SIMPÓSIO BASILEIRO DE SOJA, 1, Campinas, CATI, 1970. 44p.
39. GALLO, J.R.; CATANI, R.A. & GARGANTINI. Efeito de três tipos de calcário na reação do solo e no desenvolvimento da soja. *Bragantia*, Campinas, 15:121-30, 1956.
40. GOEDERT, W.J. Uso e manejo dos recursos naturais do cerrado: solo e clima. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, Cerrado uso e manejo, 5, Brasília, 1979. *Quinto...* Brasília, EDITERRA, 1980. P. 475-98.
41. \_\_\_\_\_ & SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE FERTILIDADE DOS SOLOS, 1, Belo Horizonte, 1986. *Anais...* Belo Horizonte, 1986. p.32-59.
42. GRIME, J.P. & HODGSON, J.G. An investigation of the ecological significance of lime-chlorosis by means of large-scale comparative experiments. In: RORISON, I.H. *Ecological Aspects for the Mineral Nutrition of Plants*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1969. p.67-99.
43. IGUE, K. & GALLO, J.R. Zinc deficiency of corn in São Paulo, New York, IBEC Research Institute, 1960. 19p. (Boletim, 20).

44. KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 34(1):252-4, Mar./Apr. 1970.
45. KHAN, D.H. Response of sweet corn and rice to phosphorus zinc and calcium carbonate on acid glenview soil of California. *Soil Science*, Baltimore, 108(6):424-8, Dec. 1969.
46. KLIMASHEVSKII, E.L.; MARKOVA, Y.A.; BERNATZKAYA, M.L. & MALYSHEVA, A.S. Physiological responses to aluminum toxicity in root zone of pea varieties. *Agrochimica*, Pisa, 26:487-96, 1972.
47. LANCE, J.C. & PEARSON, R.W. Effect of low concentration of aluminum on growth and water and nutrient uptake by cation roots. *Soil Science Society America Proceedings*, Madison, 33:95-8, 1969.
48. LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. *Advances in Agronomy*, New York, 24:147-86, 1972.
49. LOBATO, P.E.; PEREIRA, J.C. & VIDOR, C. Flutuação populacional de *Rhizobium phaseoli* em solos com e sem calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 9:9-12, 1985.

50. LOPES, A.S. Available water phosphorus fixation and zinc levels in Brazilian cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties. Raleigh, Department of Soil Science, North Carolina State University, 1977. 189p. (Tese PhD).
51. \_\_\_\_\_. Solos sob cerrado. Características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fósforo. 1983. 169p.
52. \_\_\_\_\_ & COX, F.R. A survey of fertility status of surface soil under "Cerrado" vegetation in Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, 41(4):742-6, July/Aug. 1977.
53. McCORMICK, L.N. & BORDEN, F.Y. The occurrence of aluminum phosphate precipitate in plant roots. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 38:931-4, 1974.
54. MAEDA, S. Efeitos de quantidades de calcário, estimadas por três métodos, no comportamento de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Lavras, ESAL, 1987. 87p. (Tese MS).
55. MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.

56. MALAVOLTA, E. *Manual de Química Agrícola*. São Paulo, Agromônica Ceres, 1967. 606p.
57. MARTINI, J.A.; KOCHAN, R.A.; SIQUEIRA, O.J. & BORKERT, C.M. Response of soybeans to liming as related to soil acidity, Al and Mn toxicities and P in some oxisols of Brazil. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 38(4):616-20, July/Aug. 1974.
58. MARTINI, J.A. & MUTTERS, R.G. Effect of liming rates on nutrient availability, mobility and uptake during the soybean growing season: 2. Calcium, magnesium, potassium, iron, copper and zinc. *Soil Science*, Baltimore, 139(4):333-43, Apr. 1985.
59. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Effects of lime rates on nutrient availability mobility and uptake during soybean growing season: 1. Aluminum, manganese and phosphorus. *Soil Science*, Baltimore, 139(3):219-26, Mar. 1985.
60. MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; BUSILANI, E.A.; FEITOSA, C.T.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Efeito de corretivo sobre soja cultivada em solo de cerrado contendo Al e Mn. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. *Anais...* Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1982. v.2, p.567-73.

61. MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. de.; TISSELLI FILHO, O. & MIYASAKA, S. Calagem e adubação da soja. FUNDAÇÃO CARGILL. *A soja no Brasil central*. 2. ed. Campinas, 1982. p.137-211.
62. \_\_\_\_\_; MIYASAKA, S.; IGUE, T. & FREIRE, E.S. Adubação da soja, VII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desdobrado. *Bragantia*, Campinas, 27(25): 279-89, Ago. 1968.
63. MELICH, A.; BOWLINGS, S.S. & ATFIELD, A.L. Buffer pH acidity in relation to nature of soil acidity and expresion of lime requeriment. *Communications Soil Science Plant Analysis*, New York, 7(3):253-63, 1976.
64. MELLO, B. de. Tolerância da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] à saturação de alumínio, em condições de casa-de-vegetação para solos sob cerrado. Lavras, ESAL, 1980. 56p. (Tese MS).
65. MELLO, F. de A.F.; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETO, A. & KIEHL, J. de C. Os micronutrientes do solo. In: \_\_\_\_\_. *Fertilidade do solo*. São Paulo, Nobel, 1983. Cap. 14, p.337-73.

66. MENDES, J.F. Características químicas e físicas de alguns solos sob cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, 1967. Anais... Sete Lagoas, IPEACO, 1972. p.51-62.
67. MENGEL, D.B. & KAMPRAT, E.J. Effect of soil pH and liming on growth and nodulation of soybean in Histosols. *Agronomy Journal*, Madison, 70(6):959-63, Nov./Dec. 1978.
68. MIELNICZUK, J.; LIDWICK, A. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 1971. 38p. (Boletim Técnico, 2).
69. MORAES, E.A. Concentração, acumulação de P, K, Ca e Mg e crescimento da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em diferentes estádios de desenvolvimento, ESAL, Lavras, 1983, 139p. (Tese MS).
70. MULLETTE, H.J. & HANNON, N.J. Insoluble phosphorus usage by eucaliptus. *Plant and Soil*, Netherlands, 41:199-205, 1974.
71. MUZILLI, O. & GODOY, O.P. Correção da acidez em um Latosolo Roxo Distrófico no oeste do Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 14(2):159-63, 1979.



72. MUZILLI, O.; SANTOS, D.; PALHANO, J.B.; MANETTI FILHO, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A. & CATANEO, A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo à acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2(1):34-40, jan./abr. 1978.
73. OLMOS, J.J & CAMARGO, M. Concorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua característica e distribuição. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(2):171-8, fev. 1976.
74. ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Recomendações técnicas para cultura da soja no Paraná; 1985/86*. Cascavél, OCEPAR/EMBRAPA-CNPSO, 1985. 86p. (OCEPAR. Boletim Técnico, 17; EMBRAPA-CNPSO. Documento, 12).
75. QUAGGIO, J.A. *Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo*. Piracicaba, ESALQ, 1983. 76p. (Tese MS).
76. \_\_\_\_\_; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta 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): 113-18, maio/ago. 1982.
77. RAGLAND, J.L. & COLEMAN, N.T. The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 23(5):355-7, Sep./Oct. 1959.

78. RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. 142p.
79. \_\_\_\_\_; CAMARGO, A.P. de; MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C. & LAUN, C.R.P. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, 1(1): 28-31, jan./abr. 1977.
80. RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. & ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 38(7): 57-69, abr. 1979.
81. \_\_\_\_\_ & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente do calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. *Anais...* Brasília, EMBRAPA, 1984. p.323-46.
82. \_\_\_\_\_; ROSAND, P.C. & LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil - Apreciação geral, conclusões e recomendações. In: ADUBAÇÃO FOSFATADA NO BRASIL, Brasília, 1982, p.9-28.
83. RANZANI, G. Solos de Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, São Paulo, 1962. p.51-92.

84. REWARI, R.B.; JAIN, M.K. & BHATNAGAR, R.S. Varietal response of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] to different strains of *Rhizobium japonicum*. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, 43(8):801-4, Aug./1973.
85. REZENDE, P.M. de. Efeito de inoculantes, molibdênio, cálcio e nitrogênio sobre a nodulação, produção de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em dois solos sob cerrado. Lavras, ESAL, 1977. 76p. (Tese MS).
86. \_\_\_\_\_; BUENO, L.C.S.; SEDIYAMA, T.; JUNQUEIRA NETTO, A.; LIMA, L.A. de P. & FRAGA, A.C. Épocas de desbaste em experimentos com soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em diferentes densidades de semeadura. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. *Anais...* Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1982. v.1, p.201-6.
87. RIOS, G.P. & DOBEREINER, J. Efeitos da variedade de soja (*Glycine max*) e do inoculante na fisiologia da nodulação em condições de campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 7:123-7, 1972.
88. RITCHEY, K.D.T.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas de milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-escuro argiloso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(3):215-25, 1986.

89. ROSOLEM, C.A. **Nutrição Mineral e Adubação da Soja.** Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1980. 80p. (Boletim Técnico, 6).
90. \_\_\_\_\_; NAKAGAWA, J. & MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 19(11):1319-26, 1984.
91. SAMARÃO, S.S.; DIDONET, A.D.; NEIVA, L.C.S.; GOI, S.R.; JACOB NETO, J.; MONTEIRO, P.M.F.O. & ROLIM, R.B. Influência da calagem e micronutrientes na nodulação da soja por *Rhizobium japonicum* em solos ácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 21(3):237-44, mar. 1986.
92. SANTOS, P.R.R.S.; BRAGA, J.M.; PAULA, M.B. de; FRANÇA, G.E. de & SANTOS, H.L. dos. Calibração de análise química do solo e caracterização da curva de resposta da soja para calcário e fósforo. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Projeto soja, relatório 75/76.** Belo Horizonte, 1978. p.41-50.
93. \_\_\_\_\_; NOVAIS, R.F. de; FRANÇA, G.E.; FREIRE, F.M. & SANTOS, H.L. Efeitos da calagem e adubação fosfatada e potássica sobre a produção da soja no Triângulo e no Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, 29(165):459-70, set./out. 1982.

94. SAPRA, V.T.; MEBRAHTU, T. & MUGWIRA, L. Soybean germplasm and cultivar aluminum tolerance in nutrient solution and Bladen Clay Loam Soil, *Agronomy Journal*, Madison, 74(4):687, July/aug. 1982.
95. SARTAIN, J.B. & KAMPRATH, E.J. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on roots elongation in solution culture compared with growth in acid soil. *Agronomy Journal*, Madison, 70(1):17-20, Jan./Feb. 1978.
96. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Effect of liming a highly Al saturated soil on the top and root growth and soybean nodulation. *Agronomy Journal*, Madison, 67(4):507-10, July/Aug. 1975.
97. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Effect of soil Al saturation on nutrient concentration of Soybean tops, roots and nodules. *Agronomy Journal*, Madison, 69(5):843-5, Sep./Oct. 1977.
98. SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 25(4):274-7, July/Aug. 1961.

99. SICHMANN, W. A cultura da soja. In: FUNDAÇÃO CARGILL. A soja no Brasil Central. 2.ed. Campinas, 1982, p.405-44.
100. SILVA, A.R. da; ANDRADE, J.M.V. de & PERES, J.R.R. Efeito residual de micronutrientes no teor foliar e na produção de soja no cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21(6):597-613, jun. 1986.
101. SILVA, J.B.C. Seleção de genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tolerantes a toxidez de alumínio. Viçosa, UFV. Imprensa Universitária. 55p. (Tese MS).
102. SOUZA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E. & KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidade de calcário em solos de cerrado de Goiás e do Distrito Federal. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(3):144-8, set./dez. 1980.
103. TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar; amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.
104. VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Controle da toxidez de alumínio e manganês em *Glycine max* (L.) Merrill pela calagem e adubação fosfatada. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 8(1):73-87, 1972.

105. VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica de nitrogênio pela soja. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 7(2):181-90, 1971.
106. WEBER, C.R. Nodulating and non nodulating soybean isolines.  
1. Agronomic and chemical attributes, *Agronomy Journal* Madison, 58(1):43-6, Jan./Feb. 1966.