

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E
COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO EM RESPOSTA À
CALAGEM SUPERFICIAL EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

TIAGO ROQUE BENETOLI DA SILVA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP - Campus de Botucatu, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Março de 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E
COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO EM RESPOSTA À
CALAGEM SUPERFICIAL EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

TIAGO ROQUE BENETOLI DA SILVA

Engenheiro Agrônomo M.Sc.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas – UNESP - Campus de Botucatu,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Março de 2005

Quando mais precisei, eles sempre se fizeram presentes.

Aos meus pais:

Moacir Inácio da Silva

Iraci Benetoli da Silva

Dedico

Infelizmente, não participo da sua vida como deveria.

À minha filha:

Eduarda Debortoli da Silva

Ofereço

Durante toda essa jornada, dela sempre tive grande amor e apoio.

À minha namorada:

Carolina Amaral Tavares

Ofereço especialmente

Não tenho palavras para expressar todo amor
que sinto por estas pessoas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Ao orientador e amigo Dr. Leandro Borges Lemos, pela amizade, oportunidade, incentivo, ensinamentos e exemplo.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido através da bolsa de pesquisa.

Aos amigos e companheiros de república Émerson Borghi e Rogério Peres Soratto por toda ajuda, companheirismo, lealdade e amizade durante esses anos.

Ao professor Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol pela amizade e ensinamentos.

Agradecimento especial ao meu avô, Antônio Benetoli (*in memoriam*) e minha avó, Rosa Cantelli Fernandez.

Aos amigos Eduardo do Valle Lima, Munir Mauad, Rogério Farinelli, Fernando Guido Penariol, Laerte Marque da Silva, Jacqueline Camilo dos Santos (Bituca), Alessandra Miggiolaro (Moatira), Karolina Scalet Halter (Xyllela), Bruna Penteado (Pig), Murilo de Godoy Gasparoto (Nhonho), Milton Egea (Xispita), Eudes Silva Nascimento (Namoita), Danilo Gonçalves Duarte (Sussego), Danilo Rodrigues Sasaki (Kiwi), Fábio Kagi (Tereré), Vitor Marin (Fitite), Carina Mítiko (Lambari) pela amizade de todos.

A Edison Antonio Tavares dos Santos, Zuma Pacheco Amaral Tavares dos Santos, Claudia Amaral Tavares, Marcelo Delazzaro, Camila Amaral Tavares e Pedro Paulo Losi Monteiro pelo carinho com que fui recebido na família.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal - Agricultura e da Fazenda de Ensino, Produção e Pesquisa da FCA/UNESP, por toda ajuda na condução do experimento e análises laboratoriais.

Ao amigo Leandro de Castro Silva (*in memoriam*), (que apesar da fatalidade) sempre será lembrado com muito carinho e exemplo de caráter e amizade.

Aos amigos Miranda, Segato, Marcelo, Andressa, Ruth, Hélder, Luiz, Rose, Cema e todo pessoal de Tupi, pela ótima convivência.

A todos que direta e indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	viii
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1. Local de condução do experimento.....	20
5.2. Delineamento experimental e tratamentos	26
5.3. Avaliações realizadas no solo	26
5.4. Avaliações realizadas na cultura do milho	27
5.5. Avaliações realizadas na cultura do feijão	27
5.6. Avaliações realizadas na cultura da aveia preta	30
5.7. Análise estatística.....	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1. Atributos químicos do solo	31
6.2. Análise da cultura do milho	42
6.3. Análise da cultura do feijão.....	43
6.3.1. Características agronômicas.....	43
6.3.2. Teor de nutrientes nas folhas e grãos.....	49
6.3.3. Qualidade tecnológica dos grãos	57
6.4 – Análise da cultura da aveia preta	66
6.5 – Considerações gerais.....	67
7. CONCLUSÕES	68
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
9. ANEXOS.....	80

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Análise preliminar do solo, obtida em diferentes profundidades. Botucatu – SP.	23
Tabela 2 – Equações de regressão para pH (CaCl ₂), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	32
Tabela 3 – Equações de regressão matéria orgânica (g kg ⁻¹), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	33
Tabela 4 – Equações de regressão para fósforo, em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	34
Tabela 5 – Equações de regressão para H+Al, (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	34
Tabela 6 – Equações de regressão para Al (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	35
Tabela 7 – Equações de regressão para potássio (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	36
Tabela 8 – Equações de regressão para cálcio (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	37
Tabela 9 – Equações de regressão para magnésio (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	38
Tabela 10 – Equações de regressão para soma de bases (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	39
Tabela 11 – Equações de regressão para CTC (mmolc dm ⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	40
Tabela 12 – Equações de regressão para saturação por bases (%), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	40
Tabela 13 – Equações de regressão para saturação por alumínio (%), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.	41
Tabela 14 – Florescimento pleno, ciclo, produção de matéria seca e população final de plantas da cultura do feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	44
Tabela 15 – Altura de inserção da primeira vagem, comprimento de vagens e rendimento de benefício da cultura do feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	45
Tabela 16 – Número de vagens/planta, grãos/vagem, massa de 100 grãos e produtividade da cultura do feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	48
Tabela 17 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para a produtividade de feijão. Botucatu (SP) – 2004.	49

Tabela 18 – Teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	50
Tabela 19 – Teores de cálcio, magnésio e enxofre nas folhas de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	51
Tabela 20 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para o teor de magnésio nas folhas de feijão. Botucatu (SP) – 2003.	52
Tabela 21 – Teores de boro, zinco, ferro e manganês nas folhas de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	54
Tabela 22 – Teores de nitrogênio, fósforo e potássio nos grãos de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	55
Tabela 23 – Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	56
Tabela 24 – Teores de boro, zinco, ferro e manganês nos grãos de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	57
Tabela 25 – Teor de proteína, tempo de cozimento e grãos de casca dura em função das diferentes cultivares de feijão e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	58
Tabela 26 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para o tempo de cozimento dos grãos de feijão. Botucatu (SP) – 2003.	59
Tabela 27 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para o tempo de cozimento dos grãos de feijão. Botucatu (SP) – 2004.	60
Tabela 28 – Teores de cálcio e magnésio no tegumento dos grãos de feijão, em função da não aplicação e aplicação superficial de 5,4 t ha ⁻¹ de calcário dolomítico em cultivares de feijão. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	61
Tabela 29 – Grãos de casca dura e relação de hidratação em função das diferentes cultivares de feijão e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.	62
Tabela 30 – Regressão entre o tempo de máxima hidratação e a quantidade de água absorvida pelas cultivares de feijão, em função da calagem aplicada superficialmente. Botucatu (SP) – 2003.	63
Tabela 31 – Regressão entre o tempo de máxima hidratação e a quantidade de água absorvida pelas cultivares de feijão, em função da calagem aplicada superficialmente. Botucatu (SP) – 2004.	64

Lista de Figuras

- Figura 1 – Precipitação pluvial (mm), temperatura mínima e máxima ($^{\circ}\text{C}$) registradas durante a condução do experimento em Botucatu, SP – 2002/03. 21
- Figura 2 – Precipitação pluvial (mm), temperatura mínima e máxima ($^{\circ}\text{C}$) registradas durante a condução do experimento em Botucatu, SP – 2003/04. 22
- Figura 3 – Matéria seca (t ha^{-1}) da cultura do milho em função de doses de calcário aplicado em superfície. Botucatu (SP). * = significativo a 1%. 42
- Figura 4 – Correlações entre a concentração de potássio e a de Mg (a) e Ca/Mg (b) no tecido foliar de cultivares de feijão. ** = significativo a 1% de probabilidade. 53
- Figura 5 – Tempo médio de máxima hidratação das cultivares de feijão. Botucatu (SP) – 2003 e 2004. 65
- Figura 6 – Matéria seca (t ha^{-1}) da cultura da aveia preta em função de doses de calcário aplicado em superfície. Botucatu (SP). * = significativo a 1%. 66

1. RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, campus de Botucatu, Estado de São Paulo, objetivando avaliar o comportamento de cultivares de feijão, quando semeados no período “da seca”, à aplicação superficial de doses de calcário, durante dois anos agrícolas, na implantação do sistema de plantio direto. O tipo de solo do local é LATOSSOLO VERMELHO Distrófico com $V = 41\%$. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por cultivares de feijão (C1 – Carioca; C2 – IAC Carioca Eté; C3 – Pérola; C4 – IAPAR 81 e C5 – Campeão 2) e as subparcelas formadas pelas doses de calcário dolomítico (D0 = zero – sem aplicação de calcário; D1 = $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 54%; D2 = $3,6 \text{ t ha}^{-1}$ – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 68% e D3 = $5,4 \text{ t ha}^{-1}$ – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 80%), totalizando 20 tratamentos. O experimento teve 80 subparcelas, espaçadas entre si em 1 metro. Cada subparcela foi formada por 10 linhas de seis metros de comprimento. Ao longo dos anos de experimentação utilizou-se a rotação milho (primavera) – feijão (verão) – aveia preta (outono-inverno). A semeadura das cultivares de feijão foi em 19/12/02 e 17/12/03. Durante a condução do experimento realizou-se a análise dos atributos químicos do solo em diferentes profundidades, aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação superficial do calcário. Também foram avaliados para cultura do milho (Cultivar BN-2) e da aveia preta (Cultivar Comum),

a produção de matéria seca; para a cultura do feijão o florescimento pleno, matéria seca das plantas, ciclo, altura de inserção da primeira vagem, comprimento de vagens, componentes da produção, população final de plantas, produtividade de grãos, rendimento de benefício, teor de proteína bruta nos grãos, teor de nutrientes nas folhas e nos grãos; análise tecnológica nos grãos. Pode-se observar que no segundo ano houve um ganho expressivo na produtividade, em decorrência das condições climáticas e da melhoria dos atributos químicos do solo. A aplicação superficial de calcário melhorou alguns atributos químicos do solo, como o pH, soma e saturação por bases, até a profundidade de 10 cm. A cultivar Campeão 2 proporcionou as maiores produtividades, nos dois anos agrícolas de cultivo do feijoeiro. Nos dois anos de experimentação, a cultivar IAPAR 81 teve aumento no tempo de cozimento em função do incremento das doses de calcário. O tempo de máxima hidratação foi influenciado pelo fator cultivar, sendo necessário para a Pérola, tempo superior a 13 horas, nos dois anos de experimentação.

Palavras chave: Cultivares de feijão, calcário, sistema de plantio direto, milho, aveia preta.

CHANGES IN SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AND COMMON BEAN CULTIVARS BEHAVIOR IN RESPONSE TO SURFACE LIMING IN A NO-TILLAGE CROPPING SYSTEM. Botucatu, 2005. 91f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: TIAGO ROQUE BENETOLI DA SILVA

Adviser: LEANDRO BORGES LEMOS

Co-adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2. SUMMARY

The experimental work was carried out at “Lageado” farm, “Universidade do Estado de São Paulo (UNESP)” Faculty of Agronomy unity located at Botucatu ($22^{\circ} 52' 15''$ S; $48^{\circ} 25' 20''$ S), State of São Paulo, Brazil. The study aimed at defining soil attributes and common bean cultivars behavior when cropped during the dry season under a no-tillage system with surface liming. The experimental area was on a dystrophic red oxisol with base saturation (V%) of 41%. Treatments were distributed in a randomized complete blocks arranged in split-plots with four replications. Plots consisted of cultivars Carioca; IAC Carioca Eté; Perola; IAPAR 81 and Campeão, and sub-plots of the following lime rates: D0 – 0 t ha^{-1} ; D1 – 1.8 t ha^{-1} ; D2 – 3.6 t ha^{-1} and D3 – 5.4 t ha^{-1} which were calculated to rise V % to 54%, 68 % and 80%, respectively. The experiment consisted of 80 subplots and each one of ten 6m-long rows and 1m apart. Crop rotation comprised millet during spring, common beans during summer and black oats during autumn/winter seasons. Bean cultivars were seeded in December 19 and December 17 of 2002 and 2003 respectively, and 6, 12, 18 and 24 months after surface lime application, soil samples were taken for chemical analysis. Dry matter yields of millet and black oat were evaluated as a function of applied lime rates. Flowering (bloom), dry matter production, plant cycle, first pod insertion height, pod length, yield components, stand at harvesting, grain yield, grain crude protein, leaf and grain nutrient concentration and seed technological characteristics were evaluated for bean cultivars. It was observed an expressive grain yield increase in the second year of cultivation due to good climate conditions and a general improvement in soil chemical attributes. Surface lime application improved soil chemical attributes as pH, sum of bases and base saturation up to 10 cm-deep. The “Campeão” cultivar showed higher yields in both growing seasons. In both years of experimentation

“IAPAR 81” cv. showed an increase in cooking time with the increasing lime rates. Maximum hydration time varied with the cultivar and “Perola” needed more than 13 hours to reach that the maximum hydration time value.

Key words: Common bean cultivars, surface liming, no tillage system, millet, black oat.

3. INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) desempenha importante papel na vida social e econômica do povo brasileiro, pois além de ser o responsável por suprir grande parte das necessidades alimentares da população de baixo poder aquisitivo, ainda tem apresentado taxas de crescimento na área cultivada relativamente altas (YOKOYAMA et al., 1996).

O Brasil produziu aproximadamente 3,2 milhões de toneladas na safra 02/03, em uma área cultivada aproximada de 4,3 milhões de hectares (FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS, 2004), o que implica em reduzida produtividade média, pois a cultura tem potencial para produção superior a 4.000 kg ha⁻¹ (FARIA et al., 2003). Existem várias causas que levam a essa baixa produtividade, visto que a cultura do feijão apresenta inúmeros problemas como ataque de pragas e doenças, sensibilidade ao déficit hídrico e cultivo em áreas marginais que apresentam más condições químicas e físicas do solo.

O feijoeiro é cultivado em três épocas de semeadura sob várias situações climáticas e em diversos sistemas de produção. Então a adoção de técnicas dentro de cada sistema de produção que possibilitem melhorar as condições do solo e conseqüentemente o desenvolvimento adequado da planta é de suma importância para o aumento da produtividade do feijoeiro.

Dentre os vários sistemas de produção o plantio direto constitui-se em eficiente alternativa para o controle da erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas e químicas do solo. No entanto, existem menos trabalhos de pesquisa realizados em plantio direto nesta cultura (BALBINO et al., 1996), quando comparado com outras espécies como a soja, milho e trigo.

A área estimada sob sistema de plantio direto no planeta representa 0,4% do total cultivado, que em valor numérico significa 55 milhões de hectares, sendo 82% no continente americano (DERPSCH & FLORENTIN, 2000). No Brasil, estima-se que a área ocupada sob sistema de plantio direto seja de aproximadamente 20 milhões de hectares, (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA., 2005).

A cultura do feijão apresenta vantagens ao ser introduzida em sistemas de rotação de culturas, como alto potencial produtivo das cultivares existentes, ciclo curto, dependendo do local, pode ser explorada em três épocas do ano e ainda por ser leguminosa apresentando a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico.

Lopes (1994) ressaltou que a questão da acidez do solo no plantio direto pode ser resolvida com a combinação da prática da calagem superficial e o cultivo de plantas tolerantes. Para algumas espécies, essa tolerância é conhecida, porém especificamente, os folders técnico das cultivares ainda não fornecem essas informações, necessitando de pesquisas nessa área.

O trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar a modificação dos atributos químicos do solo e o comportamento de cultivares de feijão, à aplicação superficial de doses de calcário em sistema plantio direto.

4. REVISÃO DE LITERATURA

As degradações físicas, químicas e biológicas do solo afetam a produtividade das culturas em geral, principalmente nas condições tropicais, além dos efeitos negativos causado pelas plantas daninhas, doenças e pragas em geral (BALBINO et al., 1996).

De acordo com Bonamigo (1993) nas regiões de cerrado tropical deve-se adotar um manejo que consiga proteger o solo, reter e armazenar água e, que seja aplicável naturalmente nas condições existentes, do modo mais simples e menos oneroso. No plantio direto, a palha da superfície protege o solo do impacto das gotas da chuva, e minimiza perdas de água por evapotranspiração. Daí seu grande sucesso, pois de acordo com Wutke et al. (1993) e Bertoni & Lombardi Neto (1999) devido a pouca movimentação do solo e a grande quantidade de resíduos deixados em sua superfície, o sistema de plantio direto diminui significativamente as perdas de terra por erosão.

No sistema de plantio direto, a quantidade de restos vegetais propicia menor compactação do solo, ocasionada por implementos como pulverizadores de herbicidas e a ação dos mecanismos da semeadora, normalmente discos ou facões, ou os dois sistemas conjugados. Tomando-se como base o preparo convencional, o solo sofre o efeito dos discos de arado, dos discos da grade niveladora, do peso dos pulverizadores de herbicidas, para, finalmente sustentar a ação dos mecanismos de semeadora (VIEIRA, 1985).

Em experimento realizado para avaliar diferentes sistemas de manejo de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso no cerrado, Santos et al. (1996) constataram que no sistema de plantio direto a porosidade foi diferente dos demais sistemas, com maior quantidade de microporos na superfície, os teores de carbono orgânico foram superiores aos demais sistemas.

Avaliando os benefícios que o plantio direto condiciona, Balbino et al. (1996) verificaram que esse sistema aumentou os níveis de nutrientes, elevou a atividade de microorganismos, melhorou o aproveitamento do nitrogênio fixado e a infiltração de água, dando maior estabilidade dos agregados do solo, principalmente incrementou a produção do feijoeiro, sendo recomendado rotação do feijão com milho, aveia, soja, trigo, leguminosas forrageiras e diferentes tipos de sorgo.

Cruz et al. (2001) afirmaram que a concentração de restos vegetais é primordial para o sucesso do sistema plantio direto. Wutke et al. (2003) avaliando a produtividade do feijoeiro “da seca” no Estado de São Paulo, sem irrigação, obtiveram melhores produtividades nos locais com maiores quantidades de restos vegetais, pois as perdas por evapotranspiração neste sistema são menores quando comparada com o preparo de solo convencional. Porém, para que seja viável existem certas exigências, uma das principais é a densidade da cobertura vegetal, necessitando do uso da rotação de culturas visando maiores produções de restos vegetais (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

As primeiras pesquisas nacionais com o cultivo do feijoeiro no sistema de plantio direto foram realizados pelo IAPAR. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade da inclusão desta cultura no sistema de rotação de cultura em plantio direto (BALBINO et al., 1996).

Com o não revolvimento do solo no sistema de plantio direto e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na sua superfície, promove modificações nas características químicas do solo (FREIRE et al., 2001). Tais modificações ocorrem de forma gradual e progressiva a partir da superfície do solo, afetando tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo de acidificação do solo (AMARAL & ANGHINONI, 2001).

Fancelli et al. (1985) ressaltaram que em plantio direto a tendência de acidificação é menor em virtude da mineralização mais lenta e gradativa do material orgânico acumulado na superfície do terreno não proporcionando a acumulação intensiva de ácidos orgânicos na camada arável, além do maior teor de umidade promovendo a diluição da concentração dos ácidos liberados. Entretanto, Amaral & Anghinoni (2001) afirmaram que a reacidificação, processo que ocorre naturalmente no solo, se manifesta de forma diferenciada no sistema de plantio direto, onde a decomposição mais rápida de resíduos vegetais (em clima tropical) e o uso de adubos nitrogenados depositados na superfície do solo (prática comum no feijoeiro) provocam intensa acidificação da camada superficial, formando gradiente de pH a partir da superfície.

As primeiras discussões sobre o assunto foram levantadas a partir de 1974 nos Estados Unidos, sendo que em 1977 em experimento realizado em Kentucky indicando que a zona de acidificação era na camada de 0-5 cm devido ao efeito da nitrificação dos fertilizantes nitrogenados amoniacais, onde o pH encontrado nos primeiros 5 cm de solo, após 5 anos de cultivo com milho, reduziu de 5,7 para 4,7, quando foram adicionados 220 kg ha⁻¹ de nitrogênio, verificando também que ao aplicar o calcário somente na superfície acarretou em resposta positiva na produtividade do milho (SÁ, 1993).

Em outra região dos EUA, Moschler et al. (1975) constataram que após 11 anos de cultivo consecutivo de milho, o pH na camada de 0-20 cm foi inferior ao da camada de 20-40 cm, tal fato foi atribuído à penetração de calcário aplicado na superfície. Balbino et al. (1996) salientaram que realmente existe um movimento descendente dos íons oriundos da dissociação do calcário no solo quando aplicado em cobertura, aumentado com a aplicação de nitrogênio na forma de nitrato (NO₃⁻).

O calcário é o material mais utilizado para a correção da acidez do solo, pois é produto de ocorrência natural sendo disponível com relativa frequência e abundância (ALCARDE & RODELLA, 2003). Quando aplicado na superfície do solo, apresenta mobilidade limitada, diminuindo a sua eficiência na redução da acidez subsuperficial (MIYAZAWA et al., 2000). Oliveira & Fageria (2003) recomendaram a prática da calagem superficial em sistema de plantio direto.

O calcário é um produto de baixa solubilidade e sua ação neutralizante depende da superfície de contato e tempo de reação com o solo (QUAGGIO, 2000). Dessa

forma, a eficiência do material está relacionado além da granulometria, também com a profundidade e uniformidade de sua incorporação ao solo. Porém, existem trabalhos que demonstram a eficiência da calagem na superfície, sobre a correção da acidez de camadas superficiais e do subsolo em sistema de plantio direto, mediante a formação de uma frente alcalinizante, que avança lentamente, neutralizando a acidez, elevando o pH, o Ca trocável e reduzindo o Al tóxico (MIYAZAWA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2002), porém neste processo podem estar envolvidos diversos mecanismos.

Ernani et al. (2001) salientaram que algumas características intrínsecas dos solos, principalmente aquelas relacionadas com o tamponamento, também afetam a profundidade de atuação dessas reações, que em alguns casos podem atingir camadas de até 40-60 cm de profundidade.

Com o decorrer do tempo, em geral, no solo sob plantio direto, verifica-se aumento de pequenos canalículos formados a partir da ação contínua de raízes com posterior decomposição e alta atividade da meso e macrofauna. Os biopóros e a estrutura de boa qualidade do solo, graças ao seu não revolvimento, permitem a formação de canais, os quais são mantidos intactos e contínuos no perfil do solo, além disso, a não mobilização e o aumento de matéria orgânica propicia maior atividade de minhocas e microorganismos, que contribuem para a formação e estabilização dos agregados do solo, melhorando a infiltração instantânea de água (SÁ, 1993; SÁ, 1999; CAIRES et al., 2000; RHEINHEIMER et al., 2000). Pode ocorrer ainda a incorporação biológica por minhocas e microorganismos (OLIVEIRA et al., 2002).

Também a pequena mobilização do solo, que ocorre somente na linha da semeadura, contribui com a movimentação física do calcário em função da pequena incorporação ocorrida nesta região e, com repetidos ciclos de semeadura, com espécies diferentes, respeitando um sistema de rotação de culturas sustentável, essa incorporação ocorrerá em toda a área. No entanto, essas possibilidades não são suficientes para explicar o acentuado efeito do calcário aplicado em superfície nas camadas mais profundas, visto que uma partícula muito fina de calcário (por exemplo, com diâmetro de 0,001 mm) é 2.000 vezes maior que um íon Ca^{+2} hidratado (ALCARDE, 1992). Assim, acredita-se que o efeito da calagem em profundidade seja devido à movimentação de íons e não de partículas, pelo menos em grande parte. Quaggio et al. (1993) estudando a movimentação de íons em decorrência da

incorporação do calcário, verificaram que esta prática proporcionou aumentos nos teores de Ca e de Mg em camadas profundas do solo e 18 meses após a aplicação todo o Ca foi lixiviado para profundidades maiores do que 40-60 cm.

É provável que ânions, como nitratos, sulfatos e cloretos presentes no solo, oriundos da decomposição dos resíduos vegetais ou pela adição de fertilizantes, contribuam para o caminhamento de Ca e Mg e outros cátions (RHEINHEIMER et al., 2000; MIYAZAWA et al., 2000).

Alguns compostos orgânicos hidrossolúveis de baixa massa molecular, liberados pela decomposição de resíduos vegetais, complexam o Ca trocável do solo, formando complexos de cálcio com estes ligantes orgânicos (L) do tipo: CaL^0 e CaL^- (AMARAL et al., 2004). A alteração da carga do Ca^{+2} facilita sua mobilidade no solo, visto que o complexo de troca possui predominantemente cargas negativas, a retenção destas moléculas é baixa (PAVAN & MIYASAWA, 1998; ZIGLIO et al., 1999). Nas camadas mais profundas, o Ca dos complexos é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons Al^{+3} formam complexos mais estáveis que o Ca^{+2} , diminuindo a acidez trocável e aumentando Ca trocável. Reações semelhantes ocorrem com o Mg^{+2} (OLIVEIRA et al., 2002). Embora os efeitos sejam de curta duração, os restos vegetais podem melhorar a fertilidade de solos ácidos, pelo menos na fase inicial da próxima cultura (COLEMAN & THOMAS, 1967).

As plantas de cobertura têm recebido especial atenção em função da liberação destes ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Amaral et al. (2004) estudando a aplicação de diferentes resíduos vegetais (ervilhaca, aveia preta e nabo forrageiro) com e sem calcário em superfície, em um Cambissolo Húmico Alumínico Léptico argiloso a cinco anos em plantio direto, concluíram que os resíduos vegetais não tiveram efeito na correção da acidez do solo em profundidade, restringindo-se a camada de 0-2,5 cm, tanto isoladamente como junto com o calcário. Porém, Miyazawa et al. (1993) avaliando os efeitos de 21 tipos de cobertura vegetal oriundas de adubos verde, concluíram que todos os materiais vegetais aumentaram o pH do solo, principalmente os resíduos de leguminosas, com redução do Al tóxico, em decorrência da complexação orgânica.

Deve-se ressaltar que a permanência dos resíduos vegetais na superfície e a ausência do revolvimento do solo reduzem a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos pelos microorganismos, sendo que com a disponibilidade de água, os compostos

orgânicos podem ser solubilizados e lixiviados (AMARAL et al., 2004), além disso, o efeito do resíduo vegetal no solo varia com a espécie de planta e com as variedades da mesma espécie.

No plantio direto pode ocorrer menor acidificação do solo dependendo da espécie cultivada, pois algumas delas tem a capacidade de aumentar o pH da rizosfera e conseqüentemente do solo, devido maior absorção de ânions do que cátions. Isto quer dizer que existe excesso de carga negativa que deve ser compensado pelo metabolismo da planta para manter o equilíbrio elétrico do citoplasma das células, as plantas conseguem esse equilíbrio mediante a exsudação de ânions como OH^- ou HCO_3^- pelas raízes. Porém deve-se ressaltar que existem espécies que absorvem mais cátions do que ânions e assim, necessitam exsudar prótons, no caso H^+ , o que resulta em maior acidificação da rizosfera e posteriormente do solo, um exemplo deste fato é o trigo sarraceno (QUAGGIO, 2000).

A menor acidez da camada superficial do solo poderia ainda proporcionar estabilidade maior ao íon bicarbonato, favorecendo o movimento descendente de HCO_3^- e OH^- acompanhado de Ca^{+2} e Mg^{+2} , corrigindo então a acidez nas camadas mais profundas e ainda fornecendo cálcio e magnésio (OLIVEIRA et al., 2002). Tais alterações nas propriedades químicas do solo no sistema de plantio direto são dinâmicas no tempo. A discussão sobre a utilização de corretivos aplicados superficialmente para correção da acidez nesse sistema é ampla e carece de maiores informações (SÁ, 1993).

Em resumo, o calcário, eleva a produção vegetal por combinação favorável de vários fatores como a diminuição da concentração de elementos que em solos ácidos podem se tornar tóxicos, como no caso do alumínio, do manganês e do ferro; fornece cálcio e magnésio, corrigindo possíveis deficiências; aumenta a disponibilidade do nitrogênio, do enxofre, do fósforo e de outros nutrientes; melhora as propriedades físicas do solo, facilitando o arejamento e a circulação da água; proporciona melhores condições para bactérias benéficas trabalharem na decomposição da matéria orgânica, na fixação do nitrogênio do ar (MALAVOLTA, 1979).

No caso do feijoeiro, Rosolem (1996) afirmou que se obtém a máxima produtividade quando o pH em H_2O do solo encontra-se entre 6,0 e 7,0. Oliveira & Fageria (2003) relataram que o nível de pH ideal para cultura esta em torno de 6,0.

Balbino et al. (1996) ressaltaram que as condições químicas das áreas, principalmente no cerrado, onde se utiliza o plantio direto, inicialmente são resultado das aplicações de calcários e fertilizantes, realizadas principalmente antes de se iniciar o sistema e progressivamente, no decorrer do sistema sem ter que interrompê-lo.

De acordo com Martins et al. (1998) existem vários benefícios ocasionados pela correção da acidez na camada arável e no subsolo com aplicação superficial de calcário ao crescimento radicular e à produtividade de várias culturas, salientando-se, principalmente, o aumento da capacidade de exploração de água e de nutrientes do subsolo.

Na observação de determinados parâmetros para tomada de decisão na recomendação da correção do solo à cultura do trigo, Sá (1991), em um Latossolo Vermelho-Escuro, fase argilosa e em Cambissolo Álico, notou a alta eficiência da aplicação de calcário na superfície em área que estava no sistema de plantio direto há 9 anos, quando comparado com outra área de preparo de solo convencional. A aplicação de calcário na superfície em solos sob plantio direto, mostrou ser eficiente método na redução da acidez potencial do alumínio trocável, sua saturação e no aumento do suprimento de cálcio na camada superficial. Os resultados de produtividade mostraram que a melhoria da fertilidade, restrita a camada superficial, não causou prejuízos à cultura. O uso de cultivares adaptadas a cada situação mostra que a interação solo x planta pode ser uma ferramenta na busca da produtividade com baixo custo/benefício.

Oliveira & Pavan (1996) estudaram a produtividade da soja em decorrência da aplicação superficial de calcário em Ponta Grossa, no Estado do Paraná, observaram redução do alumínio trocável, aumento do pH e Ca na profundidade de 40 cm devido à aplicação de calcário dolomítico em superfície, já a produtividade da soja foi aumentada tanto pela aplicação superficial quanto a incorporação de calcário ao solo.

Caires et al. (1998), avaliando doses de calcário (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) aplicado na superfície em plantio direto, na cultura da soja, verificando que a calagem proporcionou a correção da acidez, pela elevação do pH e redução do alumínio trocável, até 10 cm de profundidade, e em camadas subsuperficiais mostrando que a ação do calcário aplicado na superfície, em áreas com culturas já estabelecidas pode atingir camadas mais profundas.

Já Pötter & Ben (1998) estudando práticas de controle de acidez de solo para rotação de culturas, não alcançaram respostas expressivas com aplicação superficial de calcário para cultura do milho.

Moreira (1999) estudando o efeito da aplicação superficial de calcário em três áreas distintas (3, 6 e 9 anos em plantio direto), em um Latossolo Vermelho Escuro (Tibagi – PR), observou que os teores de Ca e Mg aumentou em todas as áreas, somente na camada de 0-5 cm, após 7 meses da aplicação superficial.

Costa (2000) verificando doses e modos de aplicação de calcário na implantação da sucessão soja e trigo em sistema plantio direto, em um Latossolo Vermelho Escuro álico, no município de Ponta Grossa (PR), concluindo que a soja mesmo cultivada logo após a aplicação superficial de 2,25 t ha⁻¹ de calcário, a produtividade teve incremento de 23% quando comparado com a não aplicação, quanto aos atributos químicos do solo, somente houve efeito pronunciado na camada de 0-5 cm no aumento do pH e das bases.

Em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura média em Ponta Grossa no Paraná, Caires & Fonseca (2000) conduziram experimento com o objetivo de avaliar a absorção de nutrientes pela soja e seus reflexos sobre a produção de grãos, em função de doses de calcário na superfície em sistema de plantio direto, onde concluíram que a calagem na superfície requer critérios adequados para estimar a dose a ser aplicada, por ocasionar redução na absorção de zinco e de manganês, em decorrência do aumento excessivo do pH nas camadas superficiais do solo.

Ainda nesta mesma área, Caires et al. (2002) estudaram a aplicação das doses acima citadas, com e sem a reaplicação do corretivo, verificando que a calagem após 92 meses aumentou o pH, o Ca e a saturação por bases e reduziu o Al trocável do solo, até a profundidade de 10 cm, porém não sofreu alteração nenhuma com a reaplicação do corretivo. A calagem realizada superficialmente também melhorou a distribuição relativa das raízes do milho, sem alterar sua produtividade.

Amaral & Anghinoni (2001) estudando a alteração de atributos químicos do solo pela aplicação do calcário no sistema de plantio direto, em Argissolo Vermelho distrófico, cultivado há oito anos, no município de Eldorado – RS, observando que com aplicação de 2,5 t ha⁻¹ de calcário, as análises de solo em camadas de 1 cm de espessura, em curtos espaços de tempo, permitiram verificar efeitos da aplicação de calcário na superfície

do solo. O maior efeito da dissolução do calcário ocorreu aos 90 dias de sua aplicação. Os efeitos em camadas mais profundas se manifestaram a partir dos 180 dias da aplicação; atingindo aos 360 dias, até 2 cm quanto aos teores de Ca e Mg na solução do solo, e até 4 cm quanto ao pH em CaCl_2 e aos teores de Al, Ca e Mg trocáveis.

Ernani et al. (2001) analisaram as modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola em superfície, em um Latossolo Bruno Álico e Cambissolo Húmico Álico em Lages – SC, concluíram que a incorporação dos corretivos da acidez aumentou o pH e a concentração de cátion, já a aplicação em superfície alterou a composição química da fase sólida na camada de 0-2 cm.

Petrere & Anghinoni (2001) estudaram alterações químicas no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo de pastagem natural nunca antes cultivada, em Latossolo Vermelho distrófico típico, no município de Cruz Alta no Rio Grande do Sul, concluíram que houve alterações em profundidade nos atributos químicos quando o calcário foi distribuído na superfície de campo nativo após 42 meses.

Em um estudo sobre a aplicação superficial de calcário em sistema de plantio direto sobre a cultura do milho, Ernani et al. (2002) verificaram que os atributos químicos do solo não foram afetados pela aplicação superficial do calcário, visto que esta aplicação havia sido feita recentemente, com o passar do tempo, a produtividade do milho foi incrementada em decorrência da aplicação superficial de calcário.

Gatiboni et al. (2003) verificaram que após 84 meses da aplicação superficial de calcário em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, no município de Santa Maria (RS), a distribuição de Ca e Mg em todo horizonte A.

Caires et al. (2003) estudaram a aplicação de calcário dolomítico superficialmente, com e sem gesso, em um Latossolo Vermelho distrófico, verificaram que houve correção de acidez do solo na camada de 0-5 cm, porém em três cultivos de soja, não houve resposta tanto para aplicação de calcário quanto para o gesso. Nesta mesma área, Caires et al. (2004) verificaram que a produção de milho foi melhorada em decorrência da calagem superficial, devido maior concentração de Ca nas camadas superficiais do solo.

Em um estudo sobre alterações nos atributos químicos de um Latossolo distroférico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional, Mello et al. (2003) verificaram que a aplicação de calcário superficialmente, independente da dose ou granulometria, alterou positivamente as características químicas do solo (0-5 e 5-10 cm) 12 meses após a calagem.

Ciota et al. (2004) em estudo objetivando avaliar o método de reaplicação nos componentes da acidez de um Latossolo Bruno aluminico, concluíram que após quatro anos da reaplicação superficial de calcário o pH, Ca, Mg e a saturação por bases aumentaram até 15 cm bem como o alumínio trocável diminuiu até 20 cm.

Rosolem et al. (2003) em um experimento sob a dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha de milho na superfície, observaram que a calagem aumentou a mineralização e a nitrificação do N no solo, independentemente do modo de aplicação de calcário, aumentando a sua disponibilidade à planta e também a possibilidade de lixiviação e o algodoeiro respondeu melhor à calagem incorporada do que à superficial, mas esta resposta não foi causada por diferenças na disponibilidade de nitrogênio.

Na cultura do arroz, Soratto et al. (2004) em um Latossolo Vermelho distrófico, estudando a produtividade e crescimento radicular em função da aplicação superficial de calcário com e sem gesso. Observando que em condições de acidez houve redução no comprimento, superfície e matéria seca das raízes, já a produtividade foi aumentada em decorrência da aplicação de calcário e de calcário + gesso.

Lima (2004) trabalhando com aplicação superficial de calcário na implantação do sistema de plantio direto, num Nitossolo Vermelho Distrófico, verificou que a aplicação superficial de calcário na implantação do sistema foi eficiente na correção da acidez do solo após cinco meses, e ainda obteve aumento na produtividade do milho após 16 meses da aplicação.

A aplicação de calcário superficialmente em sistema plantio direto tem efeito pronunciado quando a acidez do solo é elevada (BLEVINS et al., 1996); também quando a saturação por alumínio no solo é alta (SÁ, 1999) e quando cultivares ou mesmo espécies sensíveis ao alumínio são cultivadas na área (POTKER & BEN, 1998; SÁ, 1999).

No caso específico do feijoeiro, verifica-se a existência de maior número de trabalhos de pesquisa demonstrando os efeitos da aplicação do calcário quando incorporado ao solo.

Vale (1994), trabalhando com doses de calcário dolomítico (0; 1,1; 2,2; 3,4; 4,5 e 5,7 t ha⁻¹) incorporado e 2 cultivares de feijão (IAC Carioca e Emgopa 201 Ouro), verificou que a calagem proporcionou aumento na produção de matéria seca tanto da parte aérea como das raízes, influenciando também no número de vagens por planta, mas para o número de grãos por vagens e massa de 100 grãos, a aplicação de calcário exerceu pequena influência.

Em um experimento verificando a influência de doses de calcário e gesso sobre as características agronômicas e tecnológicas da cultura do feijão, Moraes et al. (1998) concluíram que tanto a calagem quanto a gessagem não influenciaram nos componentes de produção da cultura, porém altas doses de calcário provocaram aumento no tempo de cozimento dos grãos, provavelmente pelo aumento da rigidez da parede celular em decorrência do acúmulo de cálcio nos grãos.

Vale (1998), avaliando o efeito da calagem incorporada em dois solos (Latosolo Vermelho Escuro, Terra Roxa Estruturada) cultivados com feijoeiro cultivar Aporé, verificou que o calcário propiciou aumento no comprimento, no raio médio e na superfície radicular, bem como no peso de matéria seca da parte aérea e das raízes, nos componentes de produção (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de 100 grãos) e na produtividade de grãos. No Latossolo Vermelho Escuro no primeiro ano agrícola a produtividade foi de 2.100 kg ha⁻¹ na ausência de calcário e de 2.800 kg ha⁻¹ na dose 4,2 t ha⁻¹, no segundo ano agrícola a produtividade foi de 1.400 kg ha⁻¹ ausência de calcário e de 1.700 kg ha⁻¹ na dose 600 kg ha⁻¹. Já na Terra Roxa Estruturada no primeiro ano agrícola a produtividade foi de 950 kg ha⁻¹ na ausência de calcário e de 1.700 kg ha⁻¹ na dose 5,1 t ha⁻¹, no segundo ano agrícola a produtividade foi de 1.200 kg ha⁻¹ na ausência de calcário e de 2.700 kg ha⁻¹ na dose 740 kg ha⁻¹. As concentrações de nitrogênio, cálcio e magnésio nas plantas aumentaram, enquanto as de manganês e zinco diminuíram com a aplicação de calcário. No entanto, Fageria (1999) trabalhando com doses de calcário na cultura do feijão cultivar Aporé, verificou diferenças significativas na produtividade, obtendo respostas à calagem até 10 t ha⁻¹.

Barbosa Filho & Silva (2000), trabalhando num Latossolo Vermelho Escuro com cinco cultivares de feijão (Aporé, Carioca, Novo Jalo, MA 534657 e MA 534666-2), e seis doses de calcário (0, 3, 6, 9, 12 e 15 t ha⁻¹) incorporados ao solo, relataram que a calagem aumentou a saturação por base do solo (V%) e conseqüentemente houve incremento na produtividade. No entanto, Moraes & Dynia (1997); Dynia & Moraes (1998), trabalhando com calagem e adubação na cultura do arroz e feijão, observaram que a calagem não proporcionou aumento de produtividade, em decorrência da saturação por bases estar em nível considerado próximo do ideal às culturas. Faquin et al. (1998), estudando a resposta da calagem em quatro solos de várzea (Glei Pouco Húmico, Orgânico, Glei Húmico e Aluvial) em vasos cultivados com feijoeiro cultivar Carioca, observaram que com a elevação das doses de calcário houve aumento na produtividade de grãos.

Silva et al. (2004) avaliando o sistema radicular de cultivares de feijão (Pérola, Campeão 1, Carioca e FT Bonito) em resposta à doses de calcário dolomítico (0; 1,59; 3,18 e 4,48 t ha⁻¹), em vasos sob condições de casa de vegetação, verificando que o sistema radicular da cultivar Pérola foi mais tolerante à baixa saturação por bases. O máximo crescimento radicular das cultivares Campeão 1, Carioca e Pérola ocorreu em saturação por bases ao redor de 43%. Em condições de elevada acidez, o diâmetro radicular das cultivares é reduzido havendo incremento em comprimento. A calagem promoveu ainda aumento do sistema radicular e da parte aérea de todas as cultivares.

Fageria & Stone (2004) analisaram a produtividade de feijão, cultivar Pérola, no sistema plantio direto com aplicação de calcário incorporado e zinco, durante três anos consecutivos, em um Latossolo Vermelho distrófico, verificando que aumento significativo na produtividade do feijoeiro em decorrência da aplicação de calcário, porém não houve resposta à aplicação de zinco. Foram estabelecidos valores adequados de algumas propriedades químicas do solo para a cultura do feijoeiro, para as condições de clima e solo do local de cultivo. Considerando a média de duas profundidades (0–10 e 10–20 cm), estes valores foram: pH 6,6; Ca, 4,0 cmolc kg⁻¹; Mg, 1,2 cmolc kg⁻¹; H+Al, 2,4 cmolc kg⁻¹; saturação por alumínio, 33,9%; CTC, 7,9 cmolc kg⁻¹; saturação por bases, 69,3%, saturação por Ca, 46,8%; saturação por Mg, 15,3%; saturação por K, 4,2%; relação Ca/Mg, 4,6; relação Ca/K, 19,1 e relação Mg/K, 6,7.

A cultura da aveia preta mostra-se importante alternativa visando à conservação do solo (FLOSS & CECCON, 1998), devido à capacidade de produzir grande quantidade de massa comparativamente com leguminosas (NAKAGAWA et al., 1994), além de ser uma planta com potencial para o pastejo (SALERNO & VETTERLE, 1984).

Entretanto, são poucos os artigos envolvendo aplicação superficial de calcário com a cultura da aveia preta; talvez por ser uma espécie relativamente recente no país (Nakagawa et al., 2000). Crusciol et al. (2004) verificaram que a produtividade da aveia preta foi aumentada após 10 meses da aplicação superficial de calcário e de calcário+gesso, em um sistema de rotação envolvendo a cultura do arroz. Isso ocorreu pela melhora das condições do solo, favorecendo o crescimento radicular, a absorção de água e nutrientes e conseqüentemente a produtividade (CAIRES et al., 2001).

A cultura do milheto tem se constituído em boa opção de cultivo, fornecendo quantidade razoável de palha, permitindo o sucesso da cultura posterior, dando total sustentabilidade ao sistema de plantio direto. O sucesso da adaptação dessa cultura nos cerrados é devido à sua alta resistência à seca, adaptabilidade a solos de baixa fertilidade, capacidade de produção de restos vegetais, além de ser uma cultura de fácil instalação e condução e excelente forrageira, sendo alternativa valiosa na integração agricultura-pecuária, pois é altamente palatável e de grande capacidade de rebrota, tendo bom valor nutricional (SCALÉA, 1999), porém ainda não se conhece profundamente seu desenvolvimento em solos que receberam calagem superficialmente.

Vitti & Luz (2004) ressaltaram que no sistema plantio direto, as culturas têm respondido a calagem num nível de pH mais baixo em relação ao sistema convencional de preparo de solo e que a aplicação de calcário em superfície tem sido eficaz em reduzir a acidez do solo.

De acordo com a presente, observa-se a grande melhoria que o plantio direto propicia às condições químicas e físicas do solo e também ao desenvolvimento das plantas, ressaltando a importância da aplicação de calcário em superfície nesse sistema de produção, tornando-se perfeitamente viável, evidenciando então, a necessidade de ampliar os conhecimentos científicos sobre esta prática na cultura do feijão, especificamente no comportamento de cultivares, bem como nas culturas que fazem parte da rotação.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local de condução do experimento

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu. O solo do local foi classificado por Carvalho et al. (1983) como Latossolo Roxo distrófico e adaptado de acordo com Embrapa (1999), como sendo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, o qual ficou dois anos em pousio, sendo que em fevereiro de 2001 foi semeada soja (safrinha) através de preparo de solo convencional (uma aração e duas gradagens). Em agosto de 2001 a área experimental foi subsolada e semeou-se guandu, o qual foi manejado com triton e herbicida em 3 de novembro de 2001, permanecendo em pousio até setembro de 2002, onde foi realizado o controle químico de plantas daninhas. Em outubro de 2002 realizou-se aplicação do calcário superficialmente e a semeadura do milheto, iniciando o experimento.

Ao longo dos anos de 2002, 2003 e 2004, utilizou-se a seguinte rotação de culturas: milheto (primavera) – feijão (verão) – aveia preta (outono-inverno), sempre em condições de sequeiro.

As coordenadas geográficas de referência do local do experimento são: latitude sul 22^o 49' 31" e longitude oeste 48^o 25' 37", com altitude de 765 metros e 3% de declividade. O clima de acordo com a classificação de Koppen é do tipo Cfa, subtropical, com verões quentes e úmidos, invernos frios e secos. Os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima dos dois anos de experimentação se encontram nas Figuras 1 e 2.

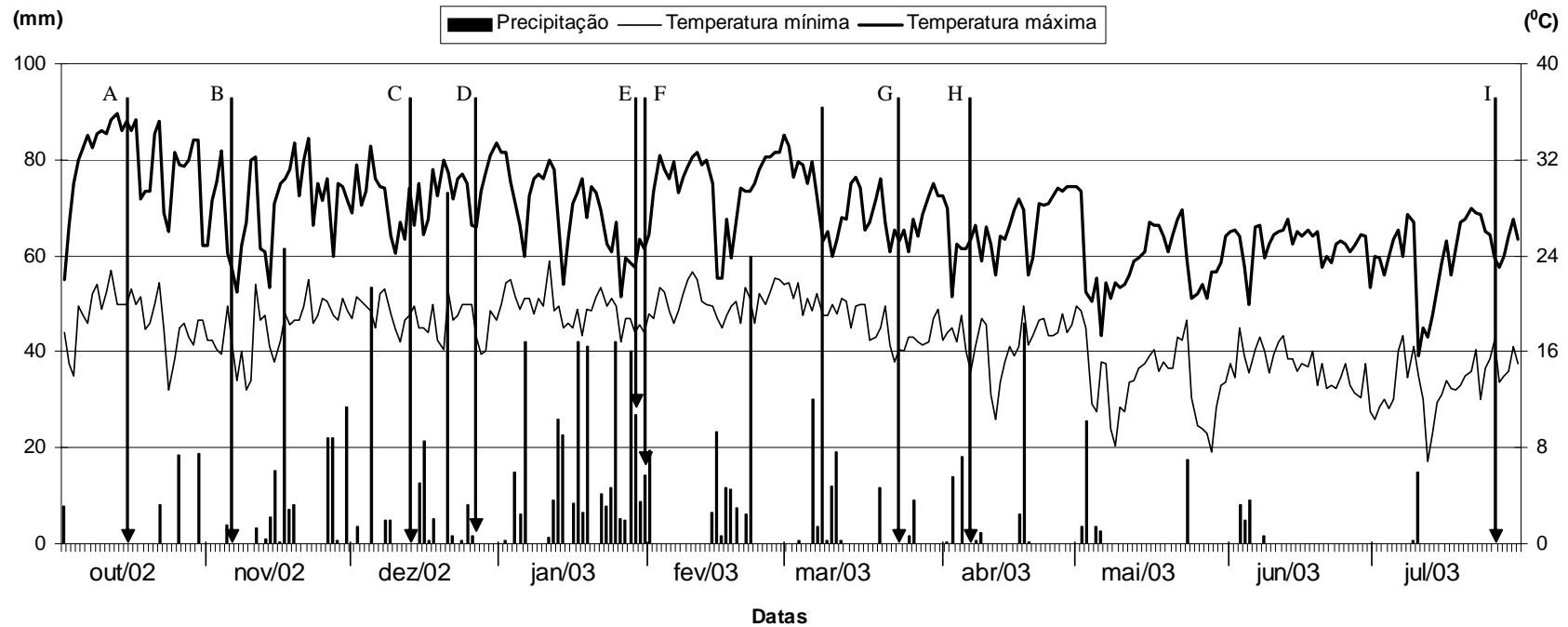


Figura 1 – Precipitação pluvial (mm), temperatura mínima e máxima ($^{\circ}\text{C}$) registradas durante a condução do experimento em Botucatu, SP – 2002/03. A – aplicação do calcário; B – semeadura do milho; C – manejo do milho; D – emergência do feijão; E – florescimento da cultivar IAC Carioca Eté; F – florescimento das outras cultivares; G – colheita do feijão; H – semeadura da aveia preta; I – florescimento da aveia preta.

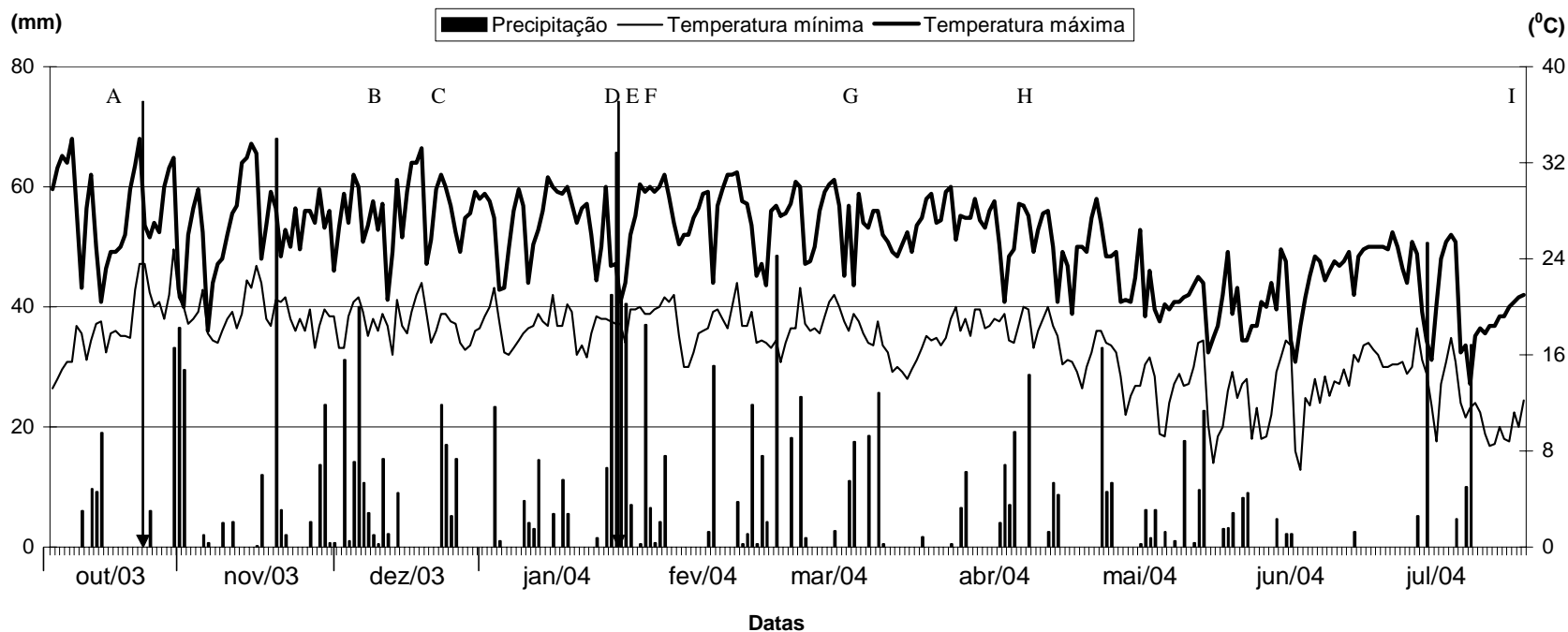


Figura 2 – Precipitação pluvial (mm), temperatura mínima e máxima (°C) registradas durante a condução do experimento em Botucatu, SP – 2003/04. A – semeadura do milho; B – manejo do milho; C – emergência do feijão; D – florescimento da cultivar Carioca; E – florescimento das cultivares Pérola, IAPAR 81 e Campeão 2; F – florescimento da cultivar IAC Carioca Eté; G – colheita do feijão; H – semeadura da aveia preta; I – florescimento da aveia preta.

A análise granulométrica revelou que até a profundidade de 20 cm o solo possui 545 g kg⁻¹ de areia, 108 g kg⁻¹ de silte e 350 g kg⁻¹ de argila, apresentando nesta camada, textura franco-argilo-arenosa (LEMOS & SANTOS, 1984).

Coletaram-se amostras de solo antes da aplicação de calcário, nas profundidades de 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm realizando-se análise química de rotina, e teor de Al (Tabela 1), visando caracterizar a área da área experimental, obtendo-se como média V = 41% e CTC = 98,5 m mol_C dm⁻³, as quais foram utilizadas para o calculo da necessidade de calcário.

Tabela 1 – Análise preliminar do solo, obtida em diferentes profundidades. Botucatu – SP.

Profundidade cm	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	-----m mol _C dm ⁻³ -----							
				H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
0-5	4,8	24,7	28,1	52,4	3,6	1,2	27,0	11,4	39,6	92,0	43,1
5-10	4,8	25,1	24,2	56,4	4,2	0,8	31,5	14,9	47,2	103,6	45,6
10-20	4,6	24,2	17,0	65,1	7,4	0,5	24,5	9,8	34,7	99,8	35,5
20-40	4,2	21,1	10,8	84,5	14,6	0,4	18,7	5,6	24,8	109,2	23,2

O calcário foi aplicado manualmente em 15 de outubro de 2002, apresentando 72% de poder relativo de neutralização total (PRNT), com 84,3% de poder de neutralização (PN), 84,5% de reatividade (RE), 23,3% de CaO e 17,5% de MgO. As doses utilizadas nos tratamentos foram: D0 = sem calcário, D1 = 1,8 t ha⁻¹, D2 = 3,6 t ha⁻¹ e D3 = 5,4 t ha⁻¹.

A semeadura de milho (cultivo de primavera) foi realizada no dia 06 de novembro de 2002 e em 18 de outubro de 2003, pelo sistema de plantio direto, utilizando-se a cultivar BN-2, no espaçamento de 0,22 metros, com 35 kg de sementes ha⁻¹.

O manejo do milho foi efetuado em 12 de dezembro de 2002, por volta de 42 dias após a emergência das plantas (DAE). No segundo ano o manejo foi realizado em 10 de dezembro de 2003 (53 DAE), sendo que em ambos os anos com aplicação de herbicida (glyphosate) na dose de 3.600g ha⁻¹ do i.a.

A semeadura das cultivares de feijão, foi realizada em 19 de dezembro de 2002 e 17 de dezembro de 2003, equivalente ao período “da seca” (PIZAN et al., 1994). Para isso, as sementes foram tratadas com thiametoxam (140 g do i.a./100 kg de sementes) e com anilida+ditiocarbamato (40+40 g do i.a./100 kg de sementes). Após o tratamento, as

sementes foram colocadas na máquina da marca Semeato denominada de Personale Drill – modelo 13, regulada para 18 sementes por metro de sulco, num espaçamento entre linhas de 0,45 metros, objetivando obter, 12 plantas por metro e população em torno de 240.000 plantas ha⁻¹. A emergência em campo ocorreu em 25 de dezembro de 2002 no primeiro ano, já no segundo ano de experimentação a emergência deu-se em 23 de dezembro de 2003.

As cultivares de feijão utilizadas nos dois anos de experimentação foram:

- Carioca

Apresenta hábito de crescimento indeterminado (tipo III), ciclo médio de 90 dias, sementes de coloração castanho claro com estrias de cor havana, resistência ao mosaico comum e a ferrugem e moderada resistência ao crestamento bacteriano e antracnose (VICENTE et al., 2000).

- IAC Carioca Eté

Hábito de crescimento indeterminado, porte semi-ereto ou ereto, guias curtas ou longas em função do ambiente (tipo II-III), ciclo médio de 87 a 90 dias, sementes são elípticas, semi-cheias, de coloração creme com listras marrons e halo creme-claro, resistentes à antracnose, ferrugem e mosaico comum e moderada resistência ao mosaico dourado (POMPEU et al., 1999).

- Pérola

Tem hábito de crescimento indeterminado com ciclo médio de 90 dias, porte semi-ereto (tipo II-III), sementes de coloração bege clara com listras marrons-claras, resistência à ferrugem e ao mosaico dourado com moderada resistência à murcha de fusarium e mancha angular (YOKOYAMA et al., 1999).

- IAPAR 81

Com hábito de crescimento indeterminado e porte ereto (tipo II), ciclo médio de 90 dias, sementes de coloração bege clara com listras de cor marrom clara, resistente à antracnose e mosaico comum e moderada resistência à ferrugem e oídio (IAPAR s/d).

- Campeão 2

Crescimento indeterminado (tipo III), ciclo de 87-90 dias, sementes de coloração bege clara com listras marrons, resistência à bacteriose e mosaico comum e moderada resistência a crestamento bacteriano, mancha angular, ferrugem e antracnose (BARELLI et al., 2000).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura foi realizada levando-se em consideração as características químicas do solo (0-20 cm de profundidade) sendo utilizados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 4-20-10 no primeiro ano e 280 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 no segundo. A adubação de cobertura foi realizada segundo as recomendações de Ambrosano et al. (1997), sendo feita em 14 de janeiro de 2003 (20 DAE) e 14 de janeiro de 2004 (22 DAE) na dose de 70 kg ha⁻¹ de N aplicado em superfície, utilizando a uréia como fonte.

Com relação ao controle de plantas daninhas e fitossanitário, foi realizado através do monitoramento da cultura, utilizando produtos recomendados para o feijoeiro. No primeiro ano realizou-se aplicação de herbicida fluazifop-p-butil+fomesafen (200+250 g i.a. ha⁻¹), inseticida clorpirifós (240 g i.a. ha⁻¹) e fungicida azoxystrobin (50 g i.a. ha⁻¹), em 07/01, ou seja, aos 16 DAE. Em 17 de janeiro (30 DAE) realizou-se aplicação inseticida clorpirifós (240 g i.a. ha⁻¹) e óxido cuproso (560 g i.a. ha⁻¹) visando o controle preventivo de crestamento bacteriano comum. No segundo ano, aplicou-se em 7 de janeiro (14 DAE) o herbicida fluazifop-p-butil+fomesafen (200+250 g i.a. ha⁻¹) e fungicida azoxystrobin (50 g i.a. ha⁻¹), em 23 de janeiro (38 DAE) aplicou-se inseticida monocrotofós (240 g i.a. ha⁻¹) e óxido cuproso (560 g i.a. ha⁻¹).

A colheita da cultura do feijão do primeiro ano foi realizada em 24 de março de 2003 e no segundo ano em 12 e 17 de março de 2004.

Posteriormente foram realizadas as semeaduras da cultura da aveia preta, cultivar Comum em 8 de abril de 2003 e no segundo ano em 26 de abril de 2004, com espaçamento entre linhas de 0,17 metros, utilizando-se 45 kg ha⁻¹ de sementes. A emergência ocorreu em 14 de abril de 2003 e em 2 de maio de 2004.

A adubação nos sulcos de semeadura foi realizada levando-se em consideração as características químicas do solo utilizando-se 150 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-10 e no segundo ano de experimentação 200 kg ha⁻¹ da fórmula 4-20-10. O florescimento pleno ocorreu em 27 de julho de 2003 no primeiro ano e 29 de julho de 2004 no segundo ano.

5.2. Delineamento experimental e tratamentos

Na análise dos dados provenientes do feijoeiro, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados disposto em um esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de diferentes cultivares feijão (C1 – Carioca; C2 – IAC Carioca Eté; C3 – Pérola; C4 – IAPAR 81 e C5 – Campeão 2) e as subparcelas formadas pelas doses de calcário dolomítico (D0 = zero – sem aplicação de calcário; D1 = 1,8 t ha⁻¹ – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 54%; D2 = 3,6 t ha⁻¹ – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 68% e D3 = 5,4 t ha⁻¹ – quantidade de calcário para elevar a saturação por bases a 80%), totalizando 20 tratamentos, com quatro repetições. As subparcelas foram constituídas por 10 linhas de seis metros de comprimento, considerando como área útil as oito linhas centrais. Foram desprezados 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha, nos dois anos de experimentação.

Para análise dos dados do milho e da aveia preta foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, considerando-se apenas as doses de calcário como fator, utilizando-se regressão polinomial para comparação das médias. Totalizando 16 parcelas, espaçadas entre si em um metro. Cada parcela foi formada por 20 linhas com 6 metros de comprimento, espaçadas em 0,22 metros. Como área útil de cada subparcela foram consideradas as 18 linhas centrais, desprezando-se 0,5 metro de cada extremidade.

Foi utilizado o programa SISVAR na realização das análises e SANEST para as correlações.

5.3. Avaliações realizadas no solo

Foram coletadas amostras de solo em seis pontos por parcela experimental (área útil) totalmente ao acaso, aos 6, 12, 18 e 24 meses após a aplicação superficial do calcário, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, e 20-40cm, que foram submetidas à análise de pH, M.O., P, Al⁺³, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², SB, CTC, V%, M%, conforme metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983)

5.4. Avaliações realizadas na cultura do milheto

- Produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$)

Foi determinada na área útil de cada parcela experimental, por ocasião do manejo da cultura, retirando-se ao acaso cinco amostras de plantas. Cada amostra foi constituída por 0,5 metro de comprimento. Em seguida as plantas foram submetidas à secagem em estufa a $60 - 70^{\circ}C$ até atingirem peso constante, posteriormente pesadas e determinou-se a quantidade de matéria seca.

5.5. Avaliações realizadas na cultura do feijão

- Florescimento pleno (dias)

Determinado o número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas e o florescimento pleno (R_6), ou seja, quando 50% das plantas apresentavam a primeira flor aberta (FERNÁNDEZ et al., 1985).

- Ciclo (dias)

Período de dias entre a emergência das plântulas e a quase total ausência de folhas nas plantas (R_9) com as vagens secas em toda área útil da subparcela experimental.

- Massa de matéria seca ($kg\ ha^{-1}$)

Determinada por ocasião do florescimento pleno, coletando-se 10 plantas ao acaso na subparcela experimental, sendo submetidas à lavagem com água destilada e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a $60 - 70^{\circ}C$, por 72 horas e pesadas.

- Altura de inserção da primeira vagem (cm)

Determinada no final do ciclo de cada cultivar, avaliando-se 10 plantas ao acaso na área útil de cada subparcela experimental, medindo-se com uma régua, do nível do solo a inserção da primeira vagem.

- Comprimento das vagens (cm)

Foram coletadas 10 plantas ao acaso na área útil da subparcela experimental no final do ciclo de cada cultivar, medindo-se com uma régua o comprimento de duas vagens por planta, localizadas no terço inferior da planta.

- Componentes da produção

Para a determinação dos componentes da produção, foram utilizadas as 10 plantas coletadas para avaliar o comprimento das vagens.

Número de vagens/planta: Relação entre número total de vagens e o número total de plantas coletadas;

Número de grãos/vagem: Relação entre número total de grãos e o número total de vagens;

Massa de 100 grãos (g): Determinada através da coleta e contagem de 4 amostras de 100 grãos por subparcela experimental e a seguir realização das pesagens.

- Rendimento de benéfico (%)

Determinado tomando-se 300 gramas de grãos por subparcela experimental, passando por um conjunto de peneiras, oblonga 12, oblonga 11 e fundo, retirando para pesagem os grãos retidos na peneira oblonga 12 para posteriormente realização da porcentagem de grãos selecionados.

- Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)

Determinada após a colheita de todas as plantas contidas na área útil da subparcela experimental, padronizando o grau de umidade a 13%, pelo método da estufa (BRASIL, 1992).

- População final de plantas (mil plantas ha⁻¹)

Contadas todas as plantas contidas em cada subparcela experimental dentro da área útil e os resultados convertidos para mil plantas ha⁻¹.

- Teor de nutriente nas folhas

Utilizadas as folhas de 10 plantas coletadas na área útil de cada subparcela experimental, durante o período de florescimento pleno (AMBROSANO et al., 1997) sendo submetidas à lavagem com água destilada e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 60 - 70⁰C, por 72 horas. Foram analisados os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Zn, Fe e Mn) seguindo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

- Teor de nutrientes nos grãos

Utilizadas amostras de 100 gramas de grãos coletadas após a colheita em cada subparcela experimental, sendo submetidas a lavagem com água destilada e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 60 – 70⁰C, por 120 horas. Foram analisados os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Zn, Fe e Mn) seguindo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

- Teor de proteína bruta (%)

Determinado através do seguinte cálculo: $PB = N \text{ total} \times 6,25$ onde: PB = teor de proteína bruta nos grãos (%) e N total = teor de nitrogênio nos grãos (%).

- Tempo de cozimento (minutos)

Determinado em grãos após três meses com o auxílio do Cozedor de Mattson. Todas as partes do aparelho compreendidas pelos receptáculos e estiletos ficam conservadas dentro de água quente, a qual foi mantida em nível constantemente e a temperatura verificada periodicamente, sendo 96⁰C a média obtida, nos dois anos de experimentação (DURIGAN, 1979).

- Teor de cálcio e magnésio no tegumento dos grãos

Determinado em amostras de 50 g de grãos provenientes de plantas colhidas dos tratamentos sem aplicação de calcário e dose de 5,4 t ha⁻¹. Este material permaneceu em copo plástico com 100 mL de água destilada por uma hora, visando à hidratação e amolecimento do tegumento. Foi separado o tegumento dos cotilédones, levados para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 60 - 70⁰C, por 72 horas. Posteriormente esse material foi moído e procederam-se às análises de Ca e Mg seguindo a metodologia de Malavolta et al., 1997.

- Capacidade de hidratação

Determinada em amostras de 50 g colocadas em água destilada durante 12 horas. Nas primeiras quatro horas, o volume de água foi determinado a cada 30 min e nas oito horas restantes, a cada uma hora. Ao final do tempo previsto para a hidratação a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. Por meio da diferença entre a massa final e a inicial, obteve-se a quantidade de água absorvida na amostra. Os grãos com casca dura que não hidrataram foram pesados separadamente, para determinar sua porcentagem, calculada pela relação entre a massa de grãos não hidratados e a massa inicial da amostra, multiplicado por

100. A relação de hidratação foi obtida pela razão entre a massa final e a inicial da amostra (Durigan, 1979). Durante a condução do teste, verificou-se que a temperatura média da água foi de 25⁰C.

5.6. Avaliações realizadas na cultura da aveia preta

- Produção de matéria seca (t ha⁻¹)

Foi determinada na área útil de cada parcela experimental, por ocasião do florescimento pleno da cultura, retirando-se ao acaso cinco amostras de plantas, cada amostra foi constituída por uma linha de 0,5 metro de comprimento. Em seguida as plantas foram submetidas à secagem em estufa a 60 – 70⁰C até atingirem peso constante, posteriormente pesadas e determinou-se a quantidade de matéria seca.

5.7. Análise estatística

Para os atributos químicos do solo, realizou-se análise de estatística comparando-se as doses de calcário dentro de cada profundidade avaliada, por meio de regressão polinomial.

Para os dados provenientes da cultura do feijão foi realizada análise de variância pelo teste F para todos os dados, quando o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade aplicou-se o teste Tukey para comparação das médias das parcelas e análise de regressão para as médias das subparcelas. Foi realizada teste de correlação linear para alguns parâmetros do feijoeiro. Quando o F foi significativo na interação doses de calcário x cultivares de feijão, foi realizado desdobramento. Não se realizou análise estatística para porcentagem de grãos de casca dura e para relação de hidratação.

Para os dados oriundos das culturas do milho e aveia preta, foram realizados análise de variância considerando-se apenas as doses de calcário como fator. Caso o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade, aplicou-se análise de regressão para as médias.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Atributos químicos do solo

Observa-se pela Tabela 2 que aos seis meses após a aplicação do calcário em superfície, os valores de pH em todas as camadas avaliadas não se ajustaram à nenhum tipo de regressão polinomial, o que indica que as doses aplicadas ainda não haviam reagido com o solo neste período. Ernani et al. (2002) observou que em pouco tempo o calcário aplicado superficialmente não foi capaz de reduzir o alumínio trocável e tampouco aumentar o pH. Moreira (1999) concluiu que 7 meses após a aplicação superficial de calcário não foi suficiente para aumentar o pH do solo, porém, Lima (2004) verificou que após 5 meses da aplicação superficial de calcário “filler” houve aumento no pH até a profundidade de 40 cm, num Nitossolo Vermelho distrófico.

Porém já aos 12 meses até 24 meses após a aplicação, observaram-se ajustes em regressões lineares das doses de calcário até a profundidade de 10 cm, mostrando que houve movimento descendente de uma frente alcalinizante. Caires & Fonseca (2000) após 40 meses da aplicação de calcário superficialmente, também observaram aumento no pH somente nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm).

Petrere & Anghinoni (2001) notaram que o pH foi aumentado até a camada de 15 cm, após 42 meses da aplicação de calcário em campo nativos, sob sistema de plantio direto. Caires et al. (2002) observaram que o pH aumentou até a profundidade de 60 cm após 92 meses da aplicação do calcário superficialmente. Após 42 meses da aplicação da dose total de calcário em superfície Caires et al. (2004) notaram aumentos significativo no pH somente na camada de 0-10 cm. Ciota et al. (2004) concluíram que após 4 anos da reaplicação superficial de calcário, o pH foi elevado até uma profundidade de 15 cm.

Tabela 2 – Equações de regressão para pH (CaCl_2), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,6$	-	$\hat{Y} = 0,161x + 5,4$	0,93**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,5$	-	$\hat{Y} = 0,133x + 5,3$	0,80**
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,2$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,8$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 0,41x + 4,4$	0,97**	$\hat{Y} = 0,25x + 4,75$	0,97**
5-10	$\hat{Y} = 0,2x + 4,9$	0,98**	$\hat{Y} = 0,1056x + 4,79$	0,80**
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,4$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,0$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,5$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,3$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Pela Tabela 1, nota-se que o valor do pH era em torno de 4,8 nas camadas iniciais, mesmo no tratamento testemunha o pH foi incrementado. Isso se deve pela presença de resíduos vegetais, pois Miyazawa et al. (1993) avaliando os efeitos de 21 tipos de cobertura vegetal oriundas de adubos verde, concluíram que todos os materiais vegetais aumentaram o pH do solo, principalmente os resíduos de leguminosas.

Até mesmo após 24 meses da aplicação, observa-se certa regularidade dos valores de pH até as camadas mais profundas, demonstrando efeito residual de dois anos, atuando no aumento do pH.

Já para os teores de matéria orgânica, nota-se que as doses de calcário não influenciaram neste parâmetro em nenhuma camada de todas as épocas de avaliação (Tabela 3).

Tabela 3 – Equações de regressão matéria orgânica (g kg^{-1}), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 24,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 23,4$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 24,8$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 21,3$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 19,8$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 19,2$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 22,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 23,9$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 32,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 27,9$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 32,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 26,4$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 30,7$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 24,5$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 29,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 22,4$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Os teores de fósforo também não foram influenciados pela aplicação de doses de calcário em todas as profundidades e épocas de avaliação. Resultado discordante de Quaggio (2000), pois constatou que a calagem libera fósforo adsorvido à superfície dos óxidos hidratados de ferro e alumínio, que se tornam mais solúveis com o aumento do pH, porém Caires & Fonseca (2000) observaram aumento de pH até a camada de 10 cm sem ter alteração no teor de fósforo em todo perfil do solo, com 40 meses após aplicação superficial de doses de calcário, em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico.

Tabela 4 – Equações de regressão para fósforo, em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 29,4$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 30,9$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 20,7$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 31,4$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 18,8$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 15,1$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 11,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 10,1$	-
Profundidades (cm)	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 26,7$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 14,0$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 17,4$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 6,3$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 10,7$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,2$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 7,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,7$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

A partir de 12 meses a acidez potencial começou reduzir em função da calagem superficial somente na camada de 0-5 cm, que se prolongou até 24 meses (Tabela 5). Mello et al. (2003) observaram que após 12 meses da aplicação de calcário superficialmente, a acidez potencial foi reduzida na camada de 0-5 cm. Caires et al. (2004) somente observou efeito das doses de calcário na acidez potencial após 46 meses, somente até 10 cm. Porém, Lima (2004) verificou diminuição na acidez potencial até a camada de 20-40 cm, mediante aplicação superficial de calcário “filler”, após cinco meses.

Tabela 5 – Equações de regressão para H+Al, (mmolc dm⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 31,9$	-	$\hat{Y} = -3x + 35,1$	0,94**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 31,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 30,9$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 52,0$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 45,7$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 80,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 57,5$	-
Profundidades (cm)	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = -8x + 48,3$	0,81**	$\hat{Y} = -3,8278x + 40,16$	0,94**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 31,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 35,5$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 36,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 39,5$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 79,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 52,3$	-

** = significativo a 1% de probabilidade

Conforme se observa na Tabela 6, a calagem superficial só foi diminuir o alumínio trocável após 24 meses da aplicação de doses de calcário, até a camada de 10-20 cm. Caires et al. (1998) já obteve diminuição no Al até 10 cm após 12 meses da aplicação de doses de calcário superficialmente em um Latossolo Vermelho Escuro. Já Oliveira & Pavan (1996) observaram redução no alumínio tóxico até a camada de 40 cm após 4 anos da aplicação superficial de calcário. Moreira (1999) após 7 meses da aplicação superficial não verificou efeito no alumínio tóxico. Ernani et al. (2002) salientaram que somente ocorre redução de alumínio em função da calagem superficial após um período mais longo quando comparado com a incorporação do corretivo. Petrere & Anghinoni (2001) observaram diminuição do teor de alumínio trocável até a camada de 17,5 cm somente após 42 meses da aplicação de doses de calcário, Caires et al. (2002) até a camada de 60 cm após 92 meses e Ciota et al. (2004) somente após 4 anos até a profundidade de 20 cm.

Tabela 6 – Equações de regressão para Al (mmolc dm⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,5$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,4$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 3,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,1$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 8,5$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 4,7$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,3$	-	$\hat{Y} = -1,8278x + 8,26$	0,75**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,3$	-	$\hat{Y} = -1,1839x + 6,604$	0,96*
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,8$	-	$\hat{Y} = -1,4056x + 12,67$	0,81*
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 10,8$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 12,3$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Independente da forma com que ocorra a translocação dos íons oriundos da dissociação do calcário, Ca dos complexos é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons Al⁺³ formam complexos mais estáveis que o Ca⁺², diminuindo a acidez trocável e aumentando Ca trocável. Reações semelhantes ocorrem com o Mg⁺² (OLIVEIRA et al., 2002).

Aos 18 meses o teor de potássio na camada de 0-5 cm sofreu redução em função da aplicação de doses de calcário (Tabela 7). Isso pode ocorrer devido ao incremento de cálcio e magnésio, havendo necessidade da reposição deste nutriente (VITTI & LUZ, 2004). Porém aos 24 meses esse efeito não foi novamente pronunciado. Quaggio (2000) mencionou que a calagem reduz as perdas deste nutriente devido elevação do pH através da calagem, liberando cargas negativas dependentes de pH, aumentando sítios de retenção de íons K^+ , introduzindo ainda outros íons, como Ca e Mg para serem também lixiviados. Caires & Fonseca (2000), Caires et al. (2002), Amaral et al. (2004), Caires et al. (2004) e Ciota et al. (2004) também não observaram efeito da aplicação superficial de calcário no teor de potássio em todo perfil do solo.

Tabela 7 – Equações de regressão para potássio ($mmol\ dm^{-3}$), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 3,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,6$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,8$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,6$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,9$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,4$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = -0,38x + 2,45$	0,80**	$\hat{Y} = \bar{y} = 1,6$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 0,97$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 0,7$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 0,93$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 0,3$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 0,92$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 0,3$	-

** = significativo a 1% de probabilidade

Pela Tabela 8 observa-se aumento dos teores de cálcio somente na camada de 0-5 cm aos 6, 12 e 24 meses após a aplicação de calcário, concordando com Moreira (1999). Aos 18 meses a disponibilidade do cálcio trocável foi aumentada também na camada de 5-10 cm. Esses resultados corroboram com os encontrados por Caires et al. (1998), Petreire & Anghinoni (2001), Caires et al. (2002), Caires et al. (2004) e Ciota et al. (2004) que observaram efeito da calagem superficial em camadas mais superficiais e discorda de Lima (2004) que verificou efeito até a profundidade de 40 cm somente após 5 meses da aplicação superficial de calcário “filler”.

Tabela 8 – Equações de regressão para cálcio (mmolc dm^{-3}), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 2,49x + 27,6$	0,91*	$\hat{Y} = 4,88x + 29,3$	0,79*
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 34,5$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 32,8$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 18,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 22,9$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 11,4$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 21,8$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 23,11x - 4,2$	0,91**	$\hat{Y} = 5,1278x + 13,63$	0,93**
5-10	$\hat{Y} = 6,1x + 16,6$	0,71 *	$\hat{Y} = \bar{y} = 17,5$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 22,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 12,4$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 10,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 9,4$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Assim como para o pH, o magnésio trocável aumentou em todas as camadas após 12 meses da aplicação do calcário, mostrando maior caminhamento ao longo do perfil do solo do magnésio do que cálcio. Resultado similar ocorreu com Petreire & Anghinoni (2001) pois, após 42 meses da aplicação de calcário superficialmente, o cálcio aumentou até 15,5 cm e o magnésio até 22,5 cm. Já após sete meses da aplicação superficial de calcário, Moreira (1999) observou aumento no teor de Mg na camada de 0-5 cm. Quaggio et al. (1993) estudando a movimentação de íons em decorrência da incorporação do calcário, verificaram que esta prática proporcionou aumentos nos teores de Mg em camadas profundas do solo. Porém Ciota et al. (2004) somente observaram incremento no teor de magnésio até a profundidade de 20 cm após quatro anos da aplicação. Lima (2004) verificou aumento no teor de magnésio até a camada de 20-40 cm após cinco meses da aplicação superficial.

Tabela 9 – Equações de regressão para magnésio (mmolc dm^{-3}), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 21,6$	-	$\hat{Y} = 1,85x + 17,7$	0,93**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 20,6$	-	$\hat{Y} = 1,61x + 14,4$	0,71**
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 13,2$	-	$\hat{Y} = 1,611x + 9,7$	0,78**
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,9$	-	$\hat{Y} = 1,338x + 7,7$	0,98**
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 2,96x + 9,3$	0,90**	$\hat{Y} = 3x + 9,55$	0,99**
5-10	$\hat{Y} = 2,51x + 8,5$	0,79**	$\hat{Y} = 1,6x + 8,53$	0,82**
10-20	$\hat{Y} = 0,75x + 10,0$	0,60*	$\hat{Y} = 0,2222x + 8,75$	0,67*
20-40	$\hat{Y} = 0,71x + 4,25$	0,89*	$\hat{Y} = 0,7944x + 4,48$	0,94*

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Observa-se que mesmo após 24 meses após a aplicação do calcário, a maior dose ainda proporcionou aumento no teor de magnésio, resultado similar encontrado por Oliveira & Pavan (1996) que observaram incremento nos teores de magnésio na profundidade de 40 cm após quatro anos da aplicação superficial de calcário.

Acredita-se que o efeito da calagem em profundidade seja devido à movimentação de íons e não de partículas, pelo menos em grande parte. É provável que ânions, como nitratos, sulfatos e cloretos presentes no solo, oriundos da decomposição dos resíduos vegetais ou pela adição de fertilizantes, contribuem para o caminamento de Ca e Mg e outros cátions (RHEINHEIMER et al., 2000; MIYAZAWA et al., 2000). Ou mesmo alguns compostos orgânicos hidrossolúveis de baixa massa molecular, liberados pela decomposição de resíduos vegetais, complexam o Ca trocável do solo, formando complexos de cálcio com estes ligantes orgânicos do tipo: CaL^0 e CaL^- (AMARAL et al., 2004). A alteração da carga do Ca^{+2} facilita sua mobilidade no solo. Nas camadas mais profundas, o Ca dos complexos é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons Al^{+3} formam complexos mais estáveis que o Ca^{+2} , diminuindo a acidez trocável e aumentando Ca trocável. Reações semelhantes ocorrem com o Mg^{+2} (OLIVEIRA et al., 2002).

A soma de bases não sofreu influência após seis meses da aplicação de doses de calcário, porém aos 12 meses a análise de regressão detectou incremento na camada de 0-5 cm e aos 18 e 24 meses atingindo a camada de 5-10 cm (Tabela 10). Isso se deu em função da maior disponibilidade das bases, principalmente em função do aumento dos teores de cálcio e magnésio (Tabelas 8 e 9), visto que o calcário é a principal fonte destes nutrientes (MALAVOLTA, 1979; ROSOLEM, 1996; MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ et al., 1997; QUAGGIO, 2000; CAIRES et al., 2004; VITTI & LUZ, 2004).

Tabela 10 – Equações de regressão para soma de bases (mmolc dm^{-3}), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 59,3$	-	$\hat{Y} = 6,60x + 50,3$	0,84*
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 58,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 53,7$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 44,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 39,1$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 19,6$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 35,1$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 8,76x + 28,4$	0,93**	$\hat{Y} = 8,0389x + 24,97$	0,97**
5-10	$\hat{Y} = 8,52x + 26,1$	0,73**	$\hat{Y} = 3,1389x + 22,8$	0,75*
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 35,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 32,1$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 17,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 16,4$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Como pode se observar na Tabela 11, os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) aumentaram a partir de 18 meses, nas camadas mais superficiais. Petrere & Anghinoni (2001) observaram que a CTC foi aumentada até a camada de 12,5 cm após 42 meses da aplicação de calcário superficial.

A saturação por bases (V%) começou a ser influenciada pela aplicação de doses de calcário a partir dos 12 meses, somente na camada de 0-5 cm, porém aos 18 e 24 meses essa influência já alcançava a camada de 5-10 cm (Tabela 12). Moreira (1999) somente observou aumento na saturação por bases até a profundidade de 5 cm após 7 meses da aplicação superficial de calcário, em uma área que estava a 9 anos sob plantio direto. Caires et

al. (2002) verificaram aumento na saturação por bases até a profundidade de 60 cm após 92 meses da aplicação superficial de doses de calcário. Com 84 meses da aplicação superficial de calcário Gatiboni et al. (2003) verificaram aumento na saturação por bases até a profundidade de 40 cm. Ciota et al. (2004) constataram aumento do V% até a profundidade de 15 cm após 4 anos da aplicação superficial de calcário.

Tabela 11 – Equações de regressão para CTC (mmolc dm⁻³), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 91,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 95,4$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 85,4$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 84,6$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 95,7$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 82,3$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 99,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 89,3$	-
Profundidades (cm)	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 17,7x + 55,7$	0,82**	$\hat{Y} = 4,2x + 65,21$	0,94**
5-10	$\hat{Y} = 7,14x + 59,1$	0,70**	$\hat{Y} = \bar{y} = 64,0$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 71,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 61,6$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 80,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 68,7$	-

** = significativo a 1% de probabilidade

Tabela 12 – Equações de regressão para saturação por bases (%), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 64,4$	-	$\hat{Y} = 4,22x + 58,6$	0,95**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 64,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 62,9$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 42,4$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 47,6$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 19,9$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 35,7$	-
Profundidades (cm)	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = 12,6x + 37,9$	0,98**	$\hat{Y} = 7,5111x + 38,12$	0,93**
5-10	$\hat{Y} = 4,93x + 47,8$	0,74**	$\hat{Y} = 3,3778x + 39,03$	0,74*
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 49,1$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 35,1$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 22,6$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 24,6$	-

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

De acordo com a Tabela 13, a saturação por alumínio só começou a ser diminuída em função das doses de calcário a partir de 24 meses, somente na camada de 0-5 cm. Gatiboni et al. (2003) verificaram diminuição na saturação por alumínio até a profundidade de 60 cm após 84 meses da aplicação superficial de calcário.

Tabela 13 – Equações de regressão para saturação por alumínio (%), em função do calcário em superfície aos 6, 12, 18 e 24 meses após sua aplicação. Botucatu – SP.

Profundidades (cm)	-----6 meses-----		-----12 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = \bar{y} = 3,2$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,3$	-
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 3,8$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 2,7$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 8,6$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 5,8$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 31$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 15$	-
	-----18 meses-----		-----24 meses-----	
	Equação	R ²	Equação	R ²
0-5	$\hat{Y} = -5,0321x + 5,5$	0,81**	$\hat{Y} = -6,0222x + 26,61$	0,73**
5-10	$\hat{Y} = \bar{y} = 7,0$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 10,9$	-
10-20	$\hat{Y} = \bar{y} = 16,3$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 27,1$	-
20-40	$\hat{Y} = \bar{y} = 37,8$	-	$\hat{Y} = \bar{y} = 42,1$	-

** = significativo a 1% de probabilidade

6.2. Análise da cultura do milho

Pode-se observar pela Figura 3 que a quantidade de matéria seca tanto em 2002 quanto em 2003 foi incrementada pela aplicação superficial de doses de calcário. Já Caires & Fonseca (2000), para a cultura da soja não observaram acréscimo na matéria seca em função do aumento de doses de calcário aplicado superficialmente. Deve-se ressaltar que no primeiro ano de cultivo da cultura do milho, o calcário havia sido aplicado recentemente e o sistema de plantio direto estava se iniciando. Isso promoveu menor produção de matéria seca, quando comparado com o segundo ano de experimentação, visto que a área havia sido submetida a um sistema de rotação de culturas, o que proporcionou incremento de resíduos vegetais na área. Cruz et al. (2001) afirmaram que a concentração de restos vegetais é primordial para o sucesso do sistema de plantio direto. Wutke et al. (2003) avaliando a produtividade do feijoeiro no Estado de São Paulo, sem irrigação, obtiveram melhores produtividades nos locais com maiores quantidades de restos vegetais, pois as perdas por evapotranspiração neste sistema são menores quando comparada com o preparo de solo convencional.

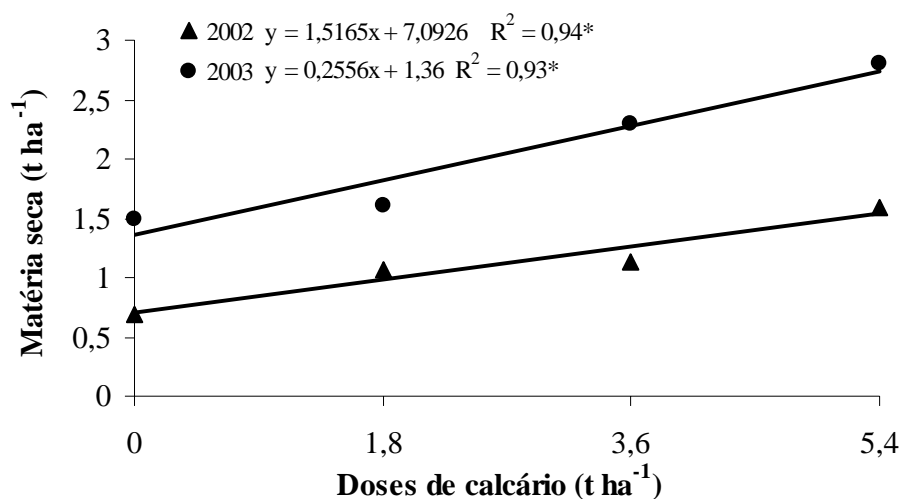


Figura 3 – Matéria seca (t ha⁻¹) da cultura do milho em função de doses de calcário aplicado em superfície. Botucatu (SP). * = significativo a 1%.

6.3. Análise da cultura do feijão

6.3.1. Características agronômicas

Pela Tabela 14 nota-se que em nenhum dos parâmetros avaliados a interação doses de calcário x cultivares não foi significativa. Porém as cultivares apresentaram diferenças para florescimento pleno e ciclo. A cultivar IAC Carioca Eté floresceu antes das outras, conseqüentemente mostrou ciclo menor no primeiro ano de condução. Porém no ano seguinte, esta cultivar foi a que apresentou florescimento pleno mais tardio, com ciclo maior, quando comparada com as outras. Mesmo assim, todas as cultivares apresentaram ciclo esperado para época de cultivo, bem próximo aos obtidos por Vicente et al. (2000), Pompeu et al. (1999), Yokoyama et al. (1999), Carbonell et al. (2003 b) e Barelli et al. (2000) que observaram ciclo de 86 a 90 dias, para as cultivares Carioca, IAC Carioca Eté, Pérola, IAPAR 81 e Campeão 2 respectivamente, no período “da seca”.

Os tratamentos não influenciaram na produção de matéria seca das plantas de feijão no primeiro ano. Caires & Fonseca (2000) analisando aplicação de calcário superficialmente também não obtiveram efeito na produção de matéria seca de plantas de soja. Porém no segundo ano houve incremento na produção de matéria seca em função da aplicação superficial de calcário, com ajuste numa regressão linear ($Y = 0,1556x + 4,88$).

A população final de plantas não foi influenciada pelos tratamentos, pois a diferença máxima foi de 4.000 plantas por hectare. Shimada et al. (2000) verificaram o efeito causado no feijoeiro por diferentes populações de plantas, concluindo que somente uma diferença superior a 100 mil plantas ha^{-1} é que pode acarretar prejuízos a produtividade. Horn et al. (2000) estudando variação de população de 100, 200, 350 e 500 mil plantas ha^{-1} de feijão, em condições de cerrado não encontraram diferenças para a maioria das características agronômicas estudadas. Silva et al. (2003) obtiveram diferença máxima de 22.000 plantas ha^{-1} , sem afetar a produtividade.

Tabela 14 – Florescimento pleno, ciclo, produção de matéria seca e população final de plantas da cultura do feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Florescimento pleno		Ciclo		Matéria seca		População final de plantas	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----dias-----				g planta ⁻¹		mil plantas ha ⁻¹	
Carioca	35 a	35 c	89 a	80 c	6,7 a	5,7 a	234 a	238 a
IAC Carioca Eté	33 b	37 a	87 b	85 a	6,6 a	5,0 a	232 a	239 a
Pérola	35 a	36 b	89 a	82 b	6,8 a	4,7 a	230 a	239 a
IAPAR 81	35 a	36 b	89 a	82 b	6,6 a	5,9 a	231 a	235 a
Campeão 2	35 a	36 b	89 a	82 b	6,6 a	5,4 a	234 a	239 a
CV (%)	1,2	2,1	1,3	2,1	14,5	20,8	3,6	1,0
Calcário (t ha⁻¹)	(1)							
0	34	36	88	82	6,6	4,9	232	239
1,8	34	36	88	82	6,7	5,1	234	240
3,6	34	36	88	82	6,7	5,5	232	239
5,4	34	36	88	82	6,7	5,7	231	238
CV (%)	1,1	4,2	1,2	1,8	11,8	18,9	4,1	1,3
F Cultivares (C)	**	*	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

(1) $Y = 0,1556x + 4,88$

$R^2 = 0,98$

n.s. = não significativo

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

Na Tabela 15 observa-se que a cultivar IAC Carioca Eté apresentou nos dois anos de experimentação, maior altura de inserção da primeira vagem do que as outras, com comprimento médio de vagens menor no primeiro ano e igual à cultivar Carioca no segundo ano. Tal cultivar é classificada, quanto ao hábito de crescimento, do tipo II/III, devido às condições climáticas apresentou-se com crescimento ereto (POMPEU et al., 1999).

O rendimento de benefício não sofreu alteração devido à aplicação de calcário, o que discorda de Vale & Nakagawa (1996) que trabalhando com calagem realizada mediante incorporação, verificou sementes mais graúdas em função das maiores doses de calcário. Ainda pela Tabela 15, o rendimento de benefício foi diferente entre as cultivares, pois nos dois anos de experimentação a cultivar Pérola apresentou grãos maiores. De acordo com

Yokoyama et al. (1999) esta cultivar é classificada como produtora de grãos graúdos. Já a cultivar IAC Carioca Eté produziu grãos com a menor rendimento de benefício nos dois anos de experimentação. Pompeu et al. (1999) salientaram que esta cultivar apresenta grãos semi-cheios, não sendo considerada planta produtora de grãos graúdos. Deve-se salientar que para o feijão um rendimento de benefício superior a 65%, confere ágio no pagamento pelo produto por algumas empacotadoras.¹

Tabela 15 – Altura de inserção da primeira vagem, comprimento de vagens e rendimento de benefício da cultura do feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Inserção da 1 ^a vagem		Comprimento de vagens		Rendimento de benefício	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----cm-----				----- % -----	
Carioca	11,7 b	7,9 c	8,5 a	9,2 b	85 b	85 b
IAC Carioca Eté	15,2 a	13,8 a	7,5 b	10,3 ab	33 c	69 c
Pérola	13,1 ab	10,5 b	8,2 ab	10,8 a	93 a	93 a
IAPAR 81	12,4 ab	10,9 b	8,3 ab	10,5 a	82 b	81 bc
Campeão 2	13,0 ab	11,5 b	8,4 a	10,5 a	83 b	76 cd
CV (%)	19,1	9,4	9,8	9,9	8,9	8,1
Calcário (t ha⁻¹)						
0	12,7	10,9	8,2	10,4	74	81
1,8	13,2	11,1	8,2	10,4	75	81
3,6	13,7	10,5	8,2	10,3	76	80
5,4	12,7	11,3	8,1	10,1	75	81
CV (%)	18,5	6,4	9,0	8,6	4,1	5,7
F Cultivares (C)	*	**	*	**	**	**
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

n.s. = não significativo * = significativo a 5% de probabilidade ** = significativo a 1% de probabilidade

¹ HUGO SHOITI FUJISAWA, Broto Legal. Rua Pedro Stancato, 488. Campinas, São Paulo. Fone:19-3246-1011, 17 de abril de 2003. (Comunicação pessoal).

Nota-se pela Tabela 16, que o número de vagens por planta não apresentou diferença entre as cultivares, doses de calcário, bem como sua interação nos dois anos de experimentação. Vieira (1989) trabalhando com calagem mediante incorporação, não verificou influência desta prática cultural em dois genótipos de feijão (IPA 7419 e Rio Tibagi) no número de vagens por planta, nem Moraes et al. (1998) que trabalharam com doses de calcário e gesso no feijoeiro, cultivar Carioca 80, mediante incorporação.

O número de grão por vagem foi alterado no segundo ano somente em função das cultivares (Tabela 16). Observa-se que a Campeão 2 se destacou por apresentar maior número de grãos por vagem. Esta característica está relacionada com o fator genético, ou seja, será dependente da cultivar utilizada (PORTES, 1996; CHIDI et al., 2002). Vieira (1989) e Moraes et al. (1998) também não verificaram influência da calagem com incorporação no número de vagens por planta em feijoeiro.

As cultivares Pérola e Campeão 2 apresentaram nos dois anos de experimentação, maior massa de 100 grãos (Tabela 16). Estas cultivares também se destacaram com altos valores da massa de 100 grãos, quando avaliadas em um experimento de comparação de genótipos de feijoeiro realizado em Botucatu, SP nos anos de 2001 e 2002 (LEMOS et al., 2004). Observa-se também que as doses de calcário não influenciaram nessa característica. Porém, em trabalhos sobre calagem incorporada ao solo, Vieira (1989), Vale & Nakagawa (1996), Vale & Nakagawa (1999) verificaram incremento na massa de 100 grãos, em função da aplicação de doses de calcário.

Com relação à produtividade de grãos, nota-se que no primeiro ano somente houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 16), com destaque para Campeão 2 com 1.630 kg ha^{-1} . Já a cultivar IAC Carioca Eté apresentou a menor produtividade no primeiro ano. Desde o dia 01/02/03 não houve precipitação pluvial até o dia 12/02, com temperaturas ultrapassando 32°C (Figura 1), coincidindo com o período de florescimento pleno (R_6). Dourado Neto & Fancelli (2000) afirmaram que períodos superiores há uma semana sem ocorrência de precipitação pluvial no florescimento do feijoeiro podem acarretar diminuição de até 48% na produtividade da cultura.

O estresse hídrico aliado à temperatura elevada nesse estágio fenológico da cultura pode proporcionar redução no número de vagens por planta, por causa do abortamento floral (PORTES, 1996; DOURADO NETO & FANCELLI, 2000; DIDONET, 2002). De acordo com Portes (1996), Carbonell & Pompeu (2000), Alves et al. (2001) e Carbonell et al. (2001) existe variabilidade genotípica quanto ao efeito do estresse hídrico e altas temperaturas no florescimento e enchimento de vagens do feijoeiro, fazendo com que as cultivares se desenvolvam de maneira diferenciada, com isso, a cultivar IAC Carioca Eté sofreu maiores danos com a ausência de precipitação e altas temperaturas, o que prejudicou na massa de 100 grãos e conseqüentemente sua produtividade foi reduzida. Porém a produtividade foi superior a média nacional para a safra “da seca” que é de 800 kg ha⁻¹ (Ferreira et al., 2002).

Ainda na Tabela 16, observa-se que no segundo ano existiu diferença significativa em função das cultivares, doses de calcário e na interação cultivares x doses de calcário para produtividade. Houve acréscimo na produtividade no segundo ano em todos os tratamentos, em comparação com o primeiro ano de condução do experimento. Nota-se aumentos de 60; 120; 82; 71 e 66% na produtividade das cultivares Carioca, IAC Carioca Eté, Pérola, IAPAR 81 e Campeão 2 respectivamente. A cultivar Campeão 2 destacou-se mais uma vez quanto a produtividade, com 2.709 kg ha⁻¹, em função principalmente do maior número de grãos por vagem. A cultivar IAC Carioca Eté apesar da melhoria na produtividade comparativamente ao primeiro ano, também obteve o menor rendimento, devido a reduzida massa de 100 grãos. A melhoria da produtividade no segundo ano se deve às condições climáticas (Figura 2), com temperatura e precipitação pluvial adequadas em todo o ciclo da cultura, principalmente no estágio fenológico de florescimento pleno (R₆) até o enchimento das vagens (R₈)

Com a aplicação superficial de doses crescentes de calcário resultou em aumento linear na produtividade, evidenciando os efeitos benéficos que a prática da calagem exerce nas culturas. (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; ERNANI et al., 2002 e CAIRES et al., 2004)

Tabela 16 – Número de vagens/planta, grãos/vagem, massa de 100 grãos e produtividade da cultura do feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Vagens/ planta		Grãos/ vagem		Massa de 100 grãos		Produ- tividade	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----n ^o -----				-----g-----		-----kg ha ⁻¹ -----	
Carioca	8,8 a	7,2 a	3,9 a	4,8 ab	23,3 b	26,9 bc	1.460 b	2.333 b
IAC Carioca Eté	6,8 a	8,0 a	3,7 a	4,3 b	19,1 c	26,2 c	960 d	2.094 b
Pérola	8,1 a	8,1 a	3,3 a	4,6 ab	27,5 a	31,2 a	1.250 c	2.367 b
IAPAR 81	8,8 a	8,7 a	3,2 a	4,1 b	23,9 b	27,5 bc	1.340 bc	2.291 b
Campeão 2	8,0 a	8,2 a	3,3 a	5,1 a	27,1 a	29,4 ab	1.630 a	2.709 a
CV (%)	38,5	33,7	38,4	13,2	3,7	9,3	9,1	10,5
Calcário (tha⁻¹)	(1)							
0	8,4	8,0	3,7	4,5	24,4	28,2	1.390	2.180
1,8	8,1	8,1	3,4	4,5	23,9	28,1	1.280	2.390
3,6	8,6	8,3	3,4	4,6	24,3	28,1	1.340	2.400
5,4	7,5	8,5	3,5	4,6	24,1	28,6	1.250	2.460
CV (%)	34,2	38,3	27,3	8,5	4,2	5,5	11,8	10,9
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

(1) $Y = 45,33x + 2238,6$

$R^2 = 0,80$

n.s. = não significativo * = significativo a 5% de probabilidade ** = significativo a 1% de probabilidade

Nota-se que após um ano da aplicação do calcário já houve aumento do pH, redução da acidez potencial e incremento nos teores de cálcio e magnésio no solo, ficando mais evidenciado após 18 meses da aplicação (Tabelas 2, 5, 8 e 9). Moraes et al. (1998), Barbosa Filho & Silva (2000), Fageria (2001) e Fageria & Stone (2004) trabalhando com doses de calcário incorporada ao solo, verificaram que aumento da produtividade do feijoeiro, em função desta prática.

Quando se observa as diferenças encontradas no desdobramento da interação cultivares x doses de calcário (Tabela 17) nota-se que somente a produtividade da cultivar IAPAR 81 se ajustou em uma regressão linear. Isso serve de indicativo que esta cultivar pode ser recomendada para cultivo em áreas de maior tecnologia, devido a

responsividade do material, em relação às práticas culturais utilizadas. No entanto, a cultivar Campeão 2 obteve a maior produtividade, independentemente da dose de calcário utilizada.

Tabela 17 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para a produtividade de feijão. Botucatu (SP) – 2004.

Cultivares	Calcário (t ha ⁻¹)				Função
	0	1,8	3,6	5,4	
	-----Produtividade kg ha ⁻¹ -----				
Carioca	2.174 a	2.486 ab	2.166 b	2.505 ab	n.s.
IAC Carioca Eté	2.015 a	1.889 c	2.447 ab	2.027 b	n.s.
Pérola	2.191 a	2.582 ab	2.333 ab	2.363 ab	n.s.
IAPAR 81	2.025 a	2.184 bc	2.302 ab	2.655 a	(1)
Campeão 2	2.491 a	2.772 a	2.836 a	2.711 a	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. (DMS = 510 kg ha⁻¹)

(1) $Y = 111,56x + 1990,3$

$R^2 = 0,94^{**}$

(** = significativo a 1% de probabilidade)

Além disso, quando se considera o solo como ambiente, suas características foram melhoradas de um ano para o outro em função da rotação de culturas utilizada, pois no primeiro ano de cultivo de feijoeiro, o sistema de plantio direto estava se iniciando, com pouca quantidade de restos vegetais proporcionado pelo cultivo do milho. Porém, no segundo ano, a quantidade de restos vegetais produzidas pelo milho foi maior, com ainda existência de cobertura morta oriunda da cultura da aveia preta. Essa característica é primordial para o sucesso desse sistema (CRUZ et al., 2001), melhorando as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo. Wutke et al. (2000) relataram que a rotação de culturas melhorou o teor de matéria orgânica, reduziu a acidez e aumentou a velocidade de infiltração de água no solo, além de favorecer a penetração e desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, quando comparado com áreas em pousio.

6.3.2. Teor de nutrientes nas folhas e grãos

A análise de variância indicou efeito significativo em cultivares para os teores de N no primeiro ano e de fósforo no segundo, sendo melhor observada pela Tabela 18. A cultivar Carioca apresentou teor de N superior às IAC Carioca Eté e Pérola. Os dados de aplicação de calcário superficial se ajustaram à regressão linear ($Y = -0,7222x + 47,2$),

entretanto, todos os tratamentos apresentaram níveis adequados de N no tecido foliar, compreendido entre 30 e 50 g kg⁻¹ (AMBROSANO et al., 1997; MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 18 – Teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----g kg ⁻¹ -----					
Carioca	48 a	43,4 a	3,9 a	3,1 b	23 a	16 a
IAC Carioca Eté	44 b	42,8 a	3,8 a	3,2 ab	23 a	18 a
Pérola	43 b	40,3 a	3,9 a	3,5 a	19 a	15 a
IAPAR 81	45 ab	38,5 a	3,8 a	3,3 ab	23 a	18 a
Campeão 2	45 ab	39,2 a	3,7 a	3,1 ab	20 a	17 a
CV (%)	6,8	10,7	15,4	7,7	26,4	23,2
Calcário (t ha⁻¹)	(1)					
0	47	40,2	4,0	3,3	21	17
1,8	46	41,2	3,8	3,0	23	16
3,6	45	40,7	3,7	3,3	22	16
5,4	43	41,7	3,9	3,3	20	17
CV (%)	8,9	10,5	12,9	12,5	24,1	20,5
F Cultivares (C)	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
F Doses (D)	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

$$(1) Y = -0,7222x + 47,2$$

$$R^2 = 0,96$$

n.s. = não significativo * = significativo a 5% de probabilidade ** = significativo a 1% de probabilidade

No segundo ano a cultivar Pérola apresentou maior teor de fósforo nas folhas diferindo estatisticamente somente da Carioca. Os teores de fósforo encontram-se dentro dos níveis adequados para a cultura, que de acordo com Ambrosano et al. (1997) e Malavolta et al. (1997), variam de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹. No segundo ano os teores de potássio ficaram abaixo do ideal para planta (20-24 g kg⁻¹), visto que a adubação básica nos sulcos de semeadura foi insuficiente para suprir a necessidade da cultura quanto a este nutriente.

Na Tabela 19, observa-se que o teor de cálcio não foi influenciado pelos tratamentos, somente houve interação cultivares x doses de calcário para o teor de magnésio no primeiro ano. Nota-se pela Tabela 20 que onde não foi aplicado calcário, a cultivar Pérola apresentou maior teor de Mg do que a Carioca. Verifica-se também, que essas mesmas cultivares responderam de maneira diferenciada à aplicação do calcário superficialmente. Na cultivar Carioca, os dados se ajustaram a regressão linear, porém todos os tratamentos proporcionaram teores ideais de Mg (4-7 g kg⁻¹) nas folhas (AMBROSANO et al., 1997; MALAVOLTA et al., 1997). Caires & Fonseca (2000) observaram aumento do teor de magnésio em folhas de soja, porém não alterou a produtividade de grãos.

Tabela 19 – Teores de cálcio, magnésio e enxofre nas folhas de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----g kg ⁻¹ -----					
Carioca	20 a	31,5 a	6,1 a	6,8 a	6,8 a	2,2 a
IAC Carioca Eté	22 a	33,5 a	6,3 a	7,4 a	7,4 a	1,9 a
Pérola	20 a	28,7 a	6,5 a	7,8 a	7,8 a	2,0 a
IAPAR 81	20 a	28,0 a	6,3 a	7,1 a	7,1 a	2,0 a
Campeão 2	20 a	28,5 a	6,8 a	7,3 a	7,3 a	1,9 a
CV (%)	11,1	19,1	17,6	16,8	16,8	27,8
Calcário (t ha⁻¹)						
0	21	30,1	6,3	7,2	7,2	2,0
1,8	21	30,5	6,4	7,3	7,3	2,0
3,6	20	29,8	6,5	7,4	7,4	2,0
5,4	19	30,2	6,6	7,3	7,3	1,9
CV (%)	9,8	11,1	13,2	11,8	11,8	18,5
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

n.s. = não significativo

* = significativo a 5% de probabilidade

No segundo ano, em todos os tratamentos o teor de enxofre estava abaixo do ideal (5-10 g kg⁻¹) segundo Ambrosano et al. (1997) e Malavolta et al. (1997). Esses resultados podem sugerir maior investigação científica sobre a resposta do feijoeiro ao uso de enxofre no sistema de plantio direto.

Tabela 20 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para o teor de magnésio nas folhas de feijão. Botucatu (SP) – 2003.

Cultivares	Calcário (t ha ⁻¹)				Função
	0	1,8	3,6	5,4	
	-----Magnésio nas folhas (g kg ⁻¹)-----				
Carioca	5,2 b	6,0 a	6,7 a	6,7 a	(1)
IAC Carioca Eté	5,7 ab	6,2 a	6,7 a	6,7 a	n.s.
Pérola	7,7 a	6,5 a	6,0 a	6,0 a	(2)
IAPAR 81	5,7 ab	6,7 a	6,2 a	6,5 a	n.s.
Campeão 2	7,0 ab	6,7 a	6,7 a	6,7 a	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. (DMS = 2,3 g kg⁻¹).

$$(1) Y = 0,2889x + 5,37$$

$$R^2 = 0,88^*$$

(* = significativo a 5% de probabilidade)

$$(2) Y = - 0,3111x + 7,39$$

$$R^2 = 0,81^{**}$$

(** = significativo a 1% de probabilidade)

n.s. = Regressão não significativa.

Caires et al. (1998) não verificaram diferenças nos teores de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e enxofre nas folhas de soja após 12 meses da aplicação de calcário superficialmente, nem tampouco, Caires et al. (2004) observaram alteração nos teores destes nutrientes em folhas de milho, após 42 meses da aplicação da dose total de calcário em superfície, porém mesmo assim a produtividade do milho foi incrementada por razão desta prática.

A correlação obtida entre as concentrações de K e Ca não foi significativa, já as encontradas entre K e a de Mg e Ca/Mg no tecido foliar do feijoeiro (Figura 4) mostraram que a redução do teor foliar de K foi acompanhada pelo aumento do teor de Mg nas folhas, indicando maior absorção do Mg do que o K. Houve aumento linear na concentração de K com o acréscimo da relação Ca/Mg nas folhas, evidenciando assim o antagonismo entre Mg e o K. Caires et al. (2002) encontraram resultados semelhantes na influência do Mg na absorção de K, na cultura do milho. No segundo ano do presente trabalho, essas correlações não foram significativas.

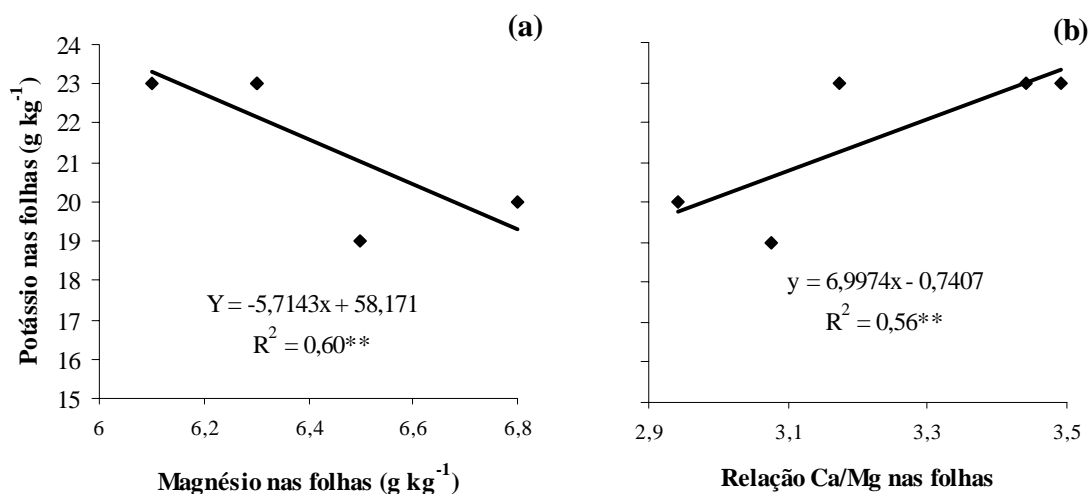


Figura 4 – Correlações entre a concentração de potássio e a de Mg (a) e Ca/Mg (b) no tecido foliar de cultivares de feijão. ** = significativo a 1% de probabilidade.

Através da Tabela 21 observa-se que os teores de boro e zinco não foram influenciados pelos tratamentos, porém para os teores de Fe no primeiro ano, a cultivar IAC Carioca Eté apresentou valores mais elevados do que a Pérola, e a Carioca apresentou teor maior de Mn no tecido foliar, quando comparado com a IAPAR 81 em 2003.

Quanto aos teores de nutrientes nos grãos, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 22). Esses resultados discordam de Vieira (1989) que estudando o efeito da calagem em sistema convencional de preparo de solo no feijoeiro, verificaram que com o aumento das doses de calcário os teores de fósforo e potássio foram aumentados nos grãos. No presente experimento, observou-se que a média do teor de nitrogênio (36 g kg⁻¹ nos dois anos), fósforo (3,3 e 3,8 g kg⁻¹ no primeiro e no segundo ano, respectivamente) e potássio (12 g kg⁻¹ nos dois anos) somente o primeiro foi superior aos encontrados por Vieira (1989), pois os outros dois os valores foram próximos, sendo de 30; 3,5; 9,9 g kg⁻¹ de N, P e K respectivamente.

Tabela 21 – Teores de boro, zinco, ferro e manganês nas folhas de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Boro		Zinco		Ferro		Manganês	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----mg kg ⁻¹ -----							
Carioca	41 a	52 a	77 a	26 a	122 a	67 a	841 ab	145 a
IAC Carioca Eté	43 a	46 a	74 a	27 a	114 ab	58 a	892 a	180 a
Pérola	51 a	51 a	73 a	25 a	111 ab	77 a	760 b	137 a
IAPAR 81	50 a	53 a	75 a	27 a	91 b	61 a	778 ab	148 a
Campeão 2	51 a	46 a	75 a	26 a	109 ab	59 a	797 ab	183 a
CV (%)	26,2	38,4	11,7	6,3	20,6	22,2	14,1	38,6
Calcário (t ha⁻¹)								
0	47	51	76	27	118	66	801	156
1,8	53	50	75	27	103	61	824	170
3,6	46	49	74	25	107	65	817	164
5,4	44	48	74	25	110	63	814	145
CV (%)	26,4	24,5	7,7	11,7	25,7	28,1	12,8	39,5
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

n.s. = não significativo

* = significativo a 5% de probabilidade

Os tratamentos também não influenciaram nos teores de cálcio e enxofre (Tabela 23), somente em 2003 para o teor de magnésio é que houve diferença entre as cultivares. A cultivar Carioca apresentou menor teor de Mg nos grãos (3,2 g kg⁻¹) quando comparada com a cultivar Campeão 2 (3,7 g kg⁻¹). Vieira et al. (1989) ainda obtiveram aumento no teor de Mg nos grãos de feijão, em decorrência da aplicação de calcário com incorporação ao solo. No presente experimento, a média do teor de cálcio (24,6 e 13,5 g kg⁻¹ no primeiro e no segundo ano, respectivamente), somente no primeiro ano este teor foi superior ao encontrado por Vieira (1989), com 11 g kg⁻¹, para o magnésio (3,5 e 8,2 g kg⁻¹ no primeiro e no segundo ano, respectivamente) os dois anos apresentaram teores inferiores ao encontrado por Vieira et al. (1989), que foi de 15 g kg⁻¹.

Tabela 22 – Teores de nitrogênio, fósforo e potássio nos grãos de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----g kg ⁻¹ -----					
Carioca	34 a	36 a	2,8 a	3,6 a	11,9 a	11,3 a
IAC Carioca Eté	38 a	36 a	3,3 a	4,0 a	12,1 a	11,2 a
Pérola	36 a	36 a	2,9 a	3,6 a	12,7 a	11,5 a
IAPAR 81	36 a	35 a	3,6 a	4,0 a	12,6 a	12,1 a
Campeão 2	37 a	37 a	3,1 a	3,8 a	11,9 a	14,3 a
CV (%)	8,6	5,5	37,1	14,2	17,1	32,1
Calcário (t ha⁻¹)						
0	36	36	3,0	3,9	12,0	11,7
1,8	35	36	3,0	3,8	12,5	13,2
3,6	36	36	3,1	3,7	12,1	12,1
5,4	37	36	3,5	3,7	12,4	11,3
CV (%)	7,1	5,8	21,2	9,8	11,2	20,2
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

n.s. = não significativo

Para os micronutrientes analisados (Tabela 24) não foram observadas diferenças pelos tratamentos para os teores de boro, zinco, ferro e manganês (primeiro ano), indicando então equilíbrio no estado nutricional da planta e boa qualidade dos grãos das diferentes cultivares de feijoeiro em função da aplicação superficial de doses de calcário. Vieira et al. (1989) não observaram diferença no teor de zinco nos grãos de feijão, em função da calagem incorporada.

Tabela 23 – Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----g kg ⁻¹ -----					
Carioca	26,6 a	14,6 a	3,2 b	8,0 a	3,0 a	2,2 a
IAC Carioca Eté	24,7 a	11,7 a	3,3 ab	7,1 a	2,9 a	2,3 a
Pérola	24,4 a	14,7 a	3,6 ab	8,7 a	3,2 a	2,0 a
IAPAR 81	24,2 a	13,8 a	3,5 ab	7,6 a	3,3 a	2,3 a
Campeão 2	23,2 a	14,0 a	3,7 a	8,3 a	3,2 a	2,9 a
CV (%)	14,3	27,0	7,8	19,8	13,6	35,2
Calcário (t ha⁻¹)						
0	24,9	13,9	3,5	8,1	3,1	2,5
1,8	24,8	14,2	3,3	8,5	3,0	2,3
3,6	24,7	13,9	3,4	7,9	3,2	2,8
5,4	24,1	14,9	3,3	7,5	3,2	2,1
CV (%)	12,3	11,1	9,5	10,8	11,1	30,5
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

n.s. = não significativo

* = significativo a 5% de probabilidade

Porém em 2004 a cultivar IAPAR 81 apresentou teor de boro superior às demais. O teor de manganês no mesmo ano, foi diminuindo em função da aplicação de doses crescentes de calcário.

Tabela 24 – Teores de boro, zinco, ferro e manganês nos grãos de feijão em função das diferentes cultivares e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Boro		Zinco		Ferro		Manganês	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----mg kg ⁻¹ -----							
Carioca	29 a	22 b	0,7 a	0,8 a	0,9 a	0,2 a	0,16a	0,08 a
IAC Carioca Eté	31 a	26 b	0,7 a	0,9 a	0,8 a	0,7 a	0,15 a	0,08 a
Pérola	29 a	19 b	0,7 a	0,9 a	0,8 a	0,3 a	0,15 a	0,09 a
IAPAR 81	29 a	37 a	0,7 a	0,8 a	0,8 a	0,4 a	0,16 a	0,09 a
Campeão 2	32 a	28 b	0,8 a	0,7 a	0,8 a	0,7 a	0,15 a	0,08 a
CV (%)	18,7	22,2	13,9	28,4	19,6	20,9	6,1	26,9
Doses de calcário (t ha⁻¹)	(1)							
0	31	26	0,7	0,8	0,8	0,5	0,16	0,09
1,8	29	25	0,8	0,8	0,8	0,6	0,15	0,09
3,6	30	25	0,8	0,8	0,9	0,4	0,16	0,08
5,4	30	29	0,7	0,9	0,9	0,4	0,16	0,07
CV (%)	22,4	23,3	10,3	36,1	12,8	21,3	7,9	27,2
F Cultivares (C)	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

$$(1) Y = -0,0039x + 0,093$$

$R^2 = 0,89$ n.s. = não significativo * = significativo a 5% de probabilidade

6.3.3. Qualidade tecnológica dos grãos

Pela Tabela 25 observa-se que o teor de proteína não foi influenciado pelas diferentes cultivares utilizadas nem tampouco pela aplicação superficial de doses de calcário, apresentando variação de 21 até 23%. Esses resultados discordam de Vale & Nakagawa (1996) que trabalhando com doses de calcário, quando incorporado ao solo, em duas cultivares de feijão (Carioca e Emgopa 201 – Ouro) verificaram que a prática de calagem proporcionou aumento no teor de proteína em ambas as cultivares.

Tabela 25 – Teor de proteína, tempo de cozimento e grãos de casca dura em função das diferentes cultivares de feijão e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Teor de proteína bruta		Tempo de cozimento		Grãos de casca dura	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----%-----		----minutos---		-----%-----	
Carioca	21 a	22 a	28 c	30 b	0,8 b	1,3 ab
IAC Carioca Eté	23 a	23 a	27 c	32 b	1,0 b	2,2 a
Pérola	23 a	22 a	35 a	40 a	4,6 a	1,3 ab
IAPAR 81	22 a	22 a	32 b	37 a	3,3 a	0,9 ab
Campeão 2	23 a	23 a	37 a	30 b	1,1 b	0,0 b
CV (%)	8,2	5,5	8,4	8,9	42,6	16,1
Calcário (t ha⁻¹)				(1)	(2)	
0	23	22	31	31	1,6	1,3
1,8	22	22	32	33	1,5	1,0
3,6	22	22	32	34	3,5	1,1
5,4	23	22	32	38	2,1	1,1
CV (%)	6,8	5,7	6,4	6,3	48,7	10,2
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	**	**	**	*
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.
R.L.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.
R.Q.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro do fator cultivares, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

(1) $Y = 1,2222x + 30,7$

$R^2 = 0,93$

n.s. = não significativo

** = significativo a 1% de probabilidade

Os valores do teor de proteína bruta verificados no presente experimento estão próximos aos encontrados por Pimentel et al. (1988), Pompeu et al. (1999) e inferiores aos valores encontrados por Silva et al. (2003).

De acordo com a Tabela 25 nota-se que houve efeito significativo de cultivares e da interação cultivares x doses de calcário para o tempo de cozimento, nos dois anos de experimentação. No ano de 2004 houve efeito significativo das doses de calcário no tempo de cozimento. No primeiro ano destacaram-se as cultivares Carioca e IAC Carioca Eté com o menor tempo de cozimento. O mesmo ocorreu no segundo ano acrescido pela cultivar Campeão 2. esses resultados corroboram com os encontrados por Durigan et al. (1978), Pimentel et al. (1988), Vieira et al. (1989), Cazetta et al. (1995), Lemos et al. (1996),

Carbonell et al. (2003 a) e Lemos et al. (2004) que verificaram ser o tempo de cozimento do feijão influenciado pela cultivar e a interação genótipos x ambientes.

Os dados do tempo de cozimento da cultivar IAPAR 81 no primeiro ano (Tabela 26) se ajustaram à regressão linear. Já no segundo ano, novamente a cultivar IAPAR 81, juntamente com a cultivar Pérola (Tabela 27), tiveram o tempo para cozimento ajustado em regressões lineares, ou seja, quando eleva-se a dose de calcário aplicado em superfície, maior o tempo de cozimento. Resultado semelhante foi encontrado em experimento de Moraes et al. (1998), verificando o efeito da incorporação de doses de calcário, em sistema de preparo de solo convencional, utilizando-se a cultivar Carioca 80.

Sartori (1996) considera como tempo para cozimento, o período necessário para o produto atingir grau de maciez aceitável pelo consumidor. O tratamento térmico, torna a textura macia e agradável; produz o gosto característico de feijão cozido; elimina a toxidez, principalmente pela desnaturação de proteínas tóxicas; geleifica o amido, resultando em melhoria da textura e produção de caldo viscoso; aumenta a digestibilidade das proteínas e dos carboidratos (SGARBIERI, 1987).

O amolecimento das sementes de leguminosas durante o cozimento envolve a dissolução ou a desintegração da lamela média, com conseqüente separação das células e a reação dos fitatos, de sódio ou de potássio, do citoplasma intercelular com pectatos de cálcio ou de magnésio presentes nas paredes celulares e na lamela média. Esta reação resulta na conversão dos pectatos insolúveis de cálcio ou de magnésio em pectatos solúveis de sódio ou de potássio (ROCKLAND & JONES, 1974; KUMAR et al., 1978).

Tabela 26 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para o tempo de cozimento dos grãos de feijão. Botucatu (SP) – 2003.

Cultivares	Calcário (t ha ⁻¹)				Função
	0	1,8	3,6	5,4	
	-----Tempo de cozimento (min)-----				
Carioca	27 b	28 cd	29 bc	27 c	n.s.
IAC Carioca Eté	26 b	27 d	27 c	28 c	n.s.
Pérola	36 a	38 a	35 a	33 b	n.s.
IAPAR 81	28 b	32 bc	34 ab	35 ab	(1)
Campeão 2	37 a	36 ab	36 a	38 a	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. (DMS = 4 minutos).

(1) $Y = 1,2778x + 28,8$

$R^2 = 0,92^{**}$

(** = significativo a 1% de probabilidade)

n.s. = Regressão não significativa.

Tabela 27 – Desdobramento da interação cultivares x calcário em superfície para o tempo de cozimento dos grãos de feijão. Botucatu (SP) – 2004.

Cultivares	Calcário (t ha ⁻¹)				Função
	0	1,8	3,6	5,4	
	-----Tempo de cozimento (min)-----				
Carioca	29 b	28 c	31 b	32 b	n.s.
IAC Carioca Eté	29 b	34 b	27 b	40 a	n.s.
Pérola	38 a	41 a	41 a	43 a	(1)
IAPAR 81	32 ab	35 ab	40 a	43 a	(2)
Campeão 2	30 b	29 bc	31 b	31 b	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. (DMS = 6 minutos).

$$(1) Y = 0,8333x + 38,5$$

$$R^2 = 0,88^{**}$$

$$(2) Y = 2,1111x + 31,8$$

$$R^2 = 0,98^{**}$$

n.s. = Regressão não significativa.

** = significativo a 1% de probabilidade

Associada à desagregação da lamela média, os grânulos de amido e a matriz protéica das células dos cotilédones também amolecem (ROCKLAND & JONES, 1974) e se hidratam (KUMAR et al., 1978). Durante o cozimento dos grãos inteiros, as tensões mecânicas oriundas do processo de gelatinização do amido (HAHN et al., 1977), a desnaturação das proteínas, o aumento de volume e a convecção de calor, também facilitam a separação das células (ROCKLAND & JONES, 1974).

Segundo Stanley et al. (1989) o tegumento, embora consista em menos de 1% do volume total do grão, é composto por materiais tais como celulose, hemicelulose e lignina que teriam um papel na textura do feijão, assim como na absorção de água. Porém, os teores de cálcio e de magnésio no tegumento em função das cultivares e da não aplicação e a maior dose de calcário, não diferiram estatisticamente (Tabela 28). Essas diferenças provavelmente são decorrentes do aumento da espessura do tegumento, o que dificultou a entrada de água, em função da aplicação de doses crescente de calcário, em algumas cultivares.

Tabela 28 – Teores de cálcio e magnésio no tegumento dos grãos de feijão, em função da não aplicação e aplicação superficial de 5,4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em cultivares de feijão. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Tratamentos	Cálcio		Magnésio	
	2003	2004	2003	2004
Cultivares	-----g kg ⁻¹ -----			
Carioca	9,0 a	6,0 a	1,0 a	3,4 a
IAC Carioca Eté	9,3 a	6,9 a	1,1 a	3,9 a
Pérola	9,5 a	6,9 a	1,6 a	4,1 a
IAPAR 81	9,2 a	7,0 a	1,5 a	4,0 a
Campeão 2	8,9 a	6,7 a	1,3 a	3,8 a
CV (%)	7,5	23,9	11,2	15,1
Calcário (t ha⁻¹)				
0	9,0 a	6,5 a	1,2 a	3,8 a
5,4	9,2 a	6,8 a	1,3 a	3,8 a
CV (%)	8,0	23,5	15,0	16,1
F Cultivares (C)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Doses (D)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F Interação C x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey, dentro de cada parâmetro.

n.s. = não significativo

No entanto, pode ter ocorrido efeito diferenciado entre as cultivares quanto à espessura do tegumento, explicando a influência de altas doses de calcário no tempo de cozimento da cultivar IAPAR 81 (2003 e 2004) e na Pérola (2004). No tegumento dos grãos são encontradas maiores quantidades de pectatos de cálcio, que intervêm na divisão e alongamento celular, então quanto mais espesso for o tegumento, maior dificuldade na absorção de água (FRY, 1966; MARSCHNER, 1990). Fernandez (1996) constatou em sementes de amendoim, aumento na espessura das três camadas que constituem o tegumento, exotesta, mesotesta e endotesta, com aplicação de calcário.

Observa-se que houve baixa ocorrência de grãos de casca dura em todos os tratamentos (Tabela 29). Observa-se ainda que a relação de hidratação foi satisfatória em todos os tratamentos, pois de acordo com Durigan et al. (1978) um grão bem hidratado tem sua relação de hidratação próxima de dois.

Tabela 29 – Grãos de casca dura e relação de hidratação em função das diferentes cultivares de feijão e doses de calcário aplicado superficialmente. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Cultivares	Doses de calcário (t ha ⁻¹)	Grãos de casca dura -----%-----		Relação de hidratação -----	
		2003	2004	2003	2004
Carioca	0	0,3	1,3	1,95	1,99
	1,8	0,4	1,1	1,94	1,99
	3,6	0,6	1,3	1,94	1,97
	5,4	1,8	1,4	1,93	1,95
IAC Carioca Eté	0	0,8	2,6	1,95	1,94
	1,8	1,7	2,4	1,94	1,97
	3,6	1,2	1,6	1,95	1,93
	5,4	0,4	2,1	1,96	1,96
Pérola	0	2,0	1,5	1,94	2,08
	1,8	2,9	1,3	1,95	2,11
	3,6	6,8	1,4	1,96	2,09
	5,4	5,6	1,2	1,95	2,11
IAPAR 81	0	3,4	1,1	1,96	2,05
	1,8	2,5	0,2	1,94	2,01
	3,6	5,1	1,1	1,98	2,02
	5,4	2,1	1,0	1,97	2,01
Campeão 2	0	0,3	0	1,98	2,00
	1,8	0,1	0	1,97	2,03
	3,6	3,6	0	1,99	2,02
	5,4	0,5	0	1,94	2,02

As equações de regressão entre o tempo de hidratação e a quantidade de água absorvida para os diferentes tratamentos, nos dois anos de experimentação, encontram-se nas Tabelas 30 e 31.

No primeiro ano, observa-se que o tempo de máxima hidratação variou de 10h14' a 15h27', tendo diferença de 5h13' (Tabela 30). Esses resultados foram obtidos pelas cultivares IAPAR 81 e Pérola, na dose de 3,6 t ha⁻¹ de calcário.

Tabela 30 – Regressão entre o tempo de máxima hidratação e a quantidade de água absorvida pelas cultivares de feijão, em função da calagem aplicada superficialmente. Botucatu (SP) – 2003.

Cultivares	Tratamentos		Equação de Regressão	R ²	Tempo de máxima hidratação
	Doses	t ha ⁻¹			
Carioca		0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1279x + 4,4613$	0,98	10:39
		1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1317x + 6,135$	0,96	10:58
		3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1246x + 7,3956$	0,95	10:22
		5,4	$Y = -0,00009x^2 + 0,1194x + 4,4387$	0,97	11:03
IAC Carioca		0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1344x + 1,1181$	0,99	11:12
		1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1277x + 2,5403$	0,99	10:38
	Eté	3,6	$Y = -0,00009x^2 + 0,1161x + 2,9051$	0,99	10:45
		5,4	$Y = -0,00009x^2 + 0,122x + 2,789$	0,99	11:17
Pérola		0	$Y = -0,00006x^2 + 0,0971x + 2,406$	0,99	13:29
		1,8	$Y = -0,00007x^2 + 0,1174x + 2,7676$	0,99	13:58
		3,6	$Y = -0,00005x^2 + 0,0927x + 1,118$	0,99	15:27
		5,4	$Y = -0,00006x^2 + 0,0976x + 2,2933$	0,99	13:33
IAPAR 81		0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1242x + 4,8318$	0,98	10:21
		1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1237x + 5,5937$	0,97	10:18
		3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1228x + 4,776$	0,97	10:14
		5,4	$Y = -0,0001x^2 + 0,1248x + 4,1423$	0,98	10:24
Campeão 2		0	$Y = -0,00008x^2 + 0,1184x + 3,4485$	0,98	12:20
		1,8	$Y = -0,00009x^2 + 0,1243x + 3,3947$	0,98	11:31
		3,6	$Y = -0,00008x^2 + 0,1054x + 3,8439$	0,98	10:58
		5,4	$Y = -0,00008x^2 + 0,1124x + 1,7726$	0,99	11:43

X = tempo para hidratação (minutos); Y = quantidade de água absorvida (mL).

Já no segundo ano, verifica-se que o tempo de máxima hidratação variou de 10h52' a 13h37' (Tabela 31). Tais resultados foram obtidos pelas cultivares Carioca e Pérola, nas doses de 3,6 e 5,4 t ha⁻¹ de calcário.

Tabela 31 – Regressão entre o tempo de máxima hidratação e a quantidade de água absorvida pelas cultivares de feijão, em função da calagem aplicada superficialmente. Botucatu (SP) – 2004.

Cultivares	Tratamentos	Equação de Regressão	R ²	Tempo de
	Doses			máxima hidratação
	t ha ⁻¹			horas:minutos
Carioca	0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1375x + 5,7789$	0,94	11:27
	1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1327x + 5,3801$	0,95	11:03
	3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1305x + 5,5602$	0,95	10:52
	5,4	$Y = -0,0001x^2 + 0,1338x + 5,6381$	0,95	11:09
IAC Carioca	0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1405x + 4,8253$	0,96	11:42
	1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1428x + 4,9456$	0,96	11:54
	3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1463x + 5,8112$	0,94	12:11
	5,4	$Y = -0,0001x^2 + 0,1453x + 4,5854$	0,96	12:06
Pérola	0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1566x + 4,5294$	0,97	13:03
	1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1532x + 3,9764$	0,98	12:45
	3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1616x + 4,5117$	0,97	13:27
	5,4	$Y = -0,0001x^2 + 0,1635x + 4,5459$	0,98	13:37
IAPAR 81	0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1482x + 8,0433$	0,94	12:21
	1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1408x + 7,9661$	0,94	11:43
	3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1474x + 8,1832$	0,93	12:17
	5,4	$Y = -0,0001x^2 + 0,1385x + 7,7941$	0,93	11:32
Campeão 2	0	$Y = -0,0001x^2 + 0,1408x + 5,4309$	0,97	11:43
	1,8	$Y = -0,0001x^2 + 0,1417x + 6,2779$	0,96	11:48
	3,6	$Y = -0,0001x^2 + 0,1406x + 6,0975$	0,96	11:42
	5,4	$Y = -0,0001x^2 + 0,1401x + 5,8138$	0,96	11:40

X = tempo para hidratação (minutos); Y = quantidade de água absorvida (mL).

Independentemente das doses de calcário, o tempo médio de máxima hidratação das cultivares de feijão (Figura 5), não ultrapassou a 12 horas, com exceção da Pérola que obteve 14h06' e 13h13', nos anos de 2003 e 2004, respectivamente. Portanto, somente a cultivar Pérola não apresentou grau de hidratação satisfatório visto que os feijões na culinária são deixados em maceração durante a noite anterior ao preparo, sendo este tempo suficiente para a completa embebição. Deve-se relatar que, a cultivar Pérola obteve também, o maior tempo de cozimento, sendo de 35 e 40 minutos, nos anos de 2003 e 2004, respectivamente (Tabela 25).

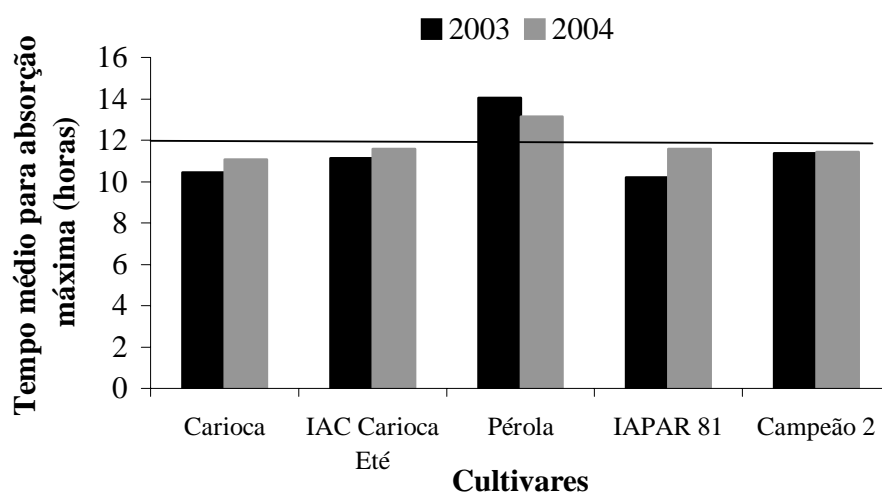


Figura 5 – Tempo médio de máxima hidratação das cultivares de feijão. Botucatu (SP) – 2003 e 2004.

Segundo Durigan et al. (1978), a mesma cultivar de feijão pode apresentar péssimas características de hidratação, mas ótimo comportamento quanto ao seu cozimento, ou vice-versa. No entanto, Lemos et al. (1996) avaliaram as características de cozimento e hidratação de 38 genótipos de feijão cultivados em dois anos agrícolas e verificaram que destacaram-se as linhagens AN 512583-0-3, AN 721063, AN 721070 e MA 534609. Neste mesmo trabalho, a linhagem MA 720948 necessitou de mais de 51 horas para atingir o tempo para hidratação máxima de seus grãos e apresentou elevado tempo de cozimento. Já a linhagem AN 511652 não atingiu o tempo para hidratação máxima, tendo obtido uma equação de primeiro grau, no estudo de regressão entre o tempo para hidratação e a quantidade de água absorvida pelos grãos. Os autores citados relataram que ambas linhagens (MA 720948 e AN 511652) apresentavam tegumento da cor castanho-claro com estrias havana brilhante, relacionando o aspecto do brilho no grão como a possível causa para a baixa capacidade de hidratação. Já Carbonell et al. (2003 a) verificaram correlações significativas entre a porcentagem de embebição após cozimento, com a porcentagem de grãos inteiros e com o tempo para cozimento em genótipos de feijão cultivados em diferentes locais do Estado de São Paulo na época “das águas” no ano de 2000. Concluíram que devido à baixa magnitude das correlações, não se pode selecionar genótipos com base simplesmente em dados de embebição, sendo necessário a realização de outros parâmetros como o tempo de cozimento.

6.4 – Análise da cultura da aveia preta

A análise de variância mostrou que houve efeito das doses de calcário na produção de matéria seca da aveia preta, nos dois anos de experimentação que se ajustaram a uma função quadrática, no primeiro ano de experimentação, cujo ponto de produção máxima foi com a aplicação superficial de 3,9 t ha⁻¹ de calcário. No segundo ano, a produção de matéria seca teve aumento linear em decorrência do aumento de doses de calcário (Figura 6).

Assim como na cultura do milho, para a aveia preta houve diferença na produção de matéria seca de um ano para o outro, sendo essa mais elevada no segundo ano, devido a maior quantidade de restos vegetais no solo, em decorrência da rotação de culturas, elemento essencial ao sucesso do sistema de plantio direto (CRUZ et al., 2001), além da melhoria do ambiente solo.

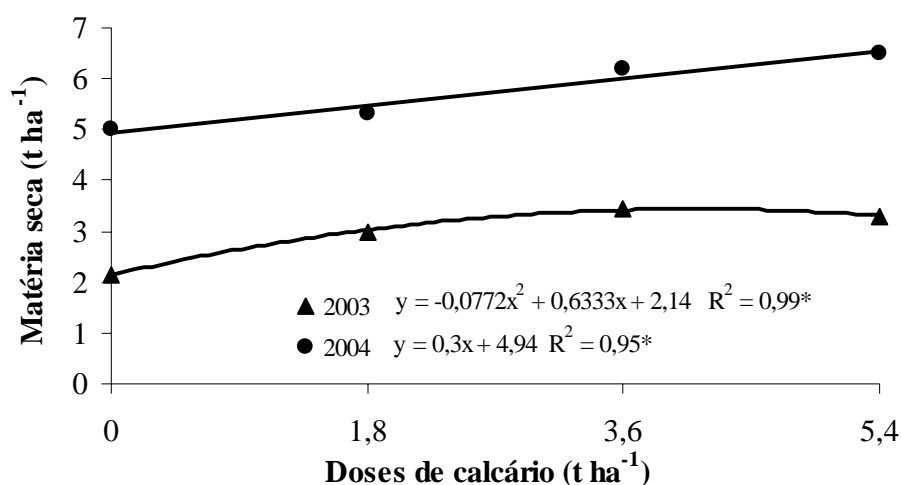


Figura 6 – Matéria seca (t ha⁻¹) da cultura da aveia preta em função de doses de calcário aplicado em superfície. Botucatu (SP). * = significativo a 1%.

6.5 – Considerações gerais

A aplicação superficial de calcário melhorou alguns atributos químicos do solo somente após 12 meses, aumentando o pH, teores de cálcio e magnésio, bem como na diminuição da acidez potencial e do alumínio tóxico. Porém, não acarretou em alteração dos teores de micronutrientes em todas as camadas avaliadas. Essas mudanças foram mais efetivas nas primeiras camadas de solo, de 0-10 cm, onde existe possivelmente, maior exploração do sistema radicular do feijoeiro (INFORZATO & MIYASAKA, 1963).

As cultivares de feijão apresentaram diferenças no ciclo e em grande parte dos componentes de produção nos dois anos de condução, principalmente em produtividade, sendo influenciada pelas condições climáticas e da melhoria do ambiente solo.

A qualidade tecnológica dos grãos das cultivares foram influenciadas em decorrência da aplicação de calcário, como no tempo de cozimento.

As culturas da rotação, tanto o milho quanto a aveia preta, tiveram a produção de matéria seca aumentada em função da aplicação de calcário. No caso específico do feijão, que é uma cultura bastante sensível a tantas doenças, onde a maioria delas tem capacidade de permanência no solo por longos períodos, a rotação de culturas é prática obrigatória, principalmente para o sistema de plantio direto que necessita de boa quantidade de matéria seca no solo, o que não ocorre somente quando se cultiva feijoeiro.

No presente trabalho, o sistema de rotação de culturas foi bastante interessante tanto sob o ponto de vista de exploração da área, conseguindo-se o cultivo do feijoeiro e da aveia preta até a produção de grãos e o milho para formação de cobertura. Essa rotação proporcionou no primeiro ano, cerca de 5,6 t ha⁻¹ de matéria seca total e no segundo ano, com a melhora efetiva dos atributos químicos a produção chegou a mais de 9 t ha⁻¹ na média. Pode-se considerar que 6 t ha⁻¹ de resíduos sobre a superfície do solo seja adequada ao sistema, com a qual se consegue boa taxa de cobertura (ALVARENGA et al. 2001).

7. CONCLUSÕES

A aplicação superficial de calcário melhorou alguns atributos químicos do solo, como o pH, soma e saturação por bases, até a profundidade de 10 cm.

A cultivar Campeão 2 proporcionou as maiores produtividades, nos dois anos agrícolas de cultivo do feijoeiro.

Nos dois anos de experimentação, a cultivar IAPAR 81 teve aumento no tempo de cozimento em função do incremento das doses de calcário.

O tempo de máxima hidratação foi influenciado pelo fator cultivar, sendo necessário para a Pérola, tempo superior a 13 horas, nos dois anos de experimentação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS²

ALCARDE, J.C. **Corretivos de acidez do solo** - características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).

ALCARDE, J.C.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, v.3, 2003. p.291-334.

ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

ALVES, G.F.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Desempenho de cultivares antigas e modernas de feijão, avaliadas em diferentes condições ambientais. **Ciência e Prática**, v.25, n.4, p.863-870, 2001.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.4, p.936-941, 2001.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos na dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.115-123, 2004.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ªed. Campinas: IAC, p. 189-195, 1997 (Boletim Técnico 100).

² Conforme ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023. 2002.

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.301-352.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, Q. F. Adubação e calagem par a cultura do feijoeiro irrigado em solos de serrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.7, p. 1317-1324, 2000.

BARELLI, M.A.A.; VIDIGAL, M.C.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A. Combining ability among six common bean cultivar adapted to the North West region of Paraná State, Brazil. **Bragantia**, v.59, n.2, p.159-164, 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BLEVINS, R.L.; GROVE, J.H.; KITUR, B.K. Nutrition Uptake of corn using moldboard plow or no-tillage soil management. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.17, p.401-417, 1996.

BONAMIGO, L.A. O plantio direto no cerrado do Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1993. p. 13-16.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 1992. 365p.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.1011-1022, 2002.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIU, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, v.60, p.213-223, 2001.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função de calagem na superfície. **Bragantia**, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CARBONELL, S.A.M., POMPEU, A.S. Estabilidade de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.321-329, 2000.

CARBONELL, S.A.M.; AZEVEDO FILHO, J.A.A.; DIAS, L.A.S.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C.B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.60, n.2, p.69-77, 2001.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, v.62, n.3, p.369-379, 2003 a.

CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; AZEVEDO FILHO, J.A.; SARTORI, J.A. Cultivares comerciais de feijoeiro para o Estado de São Paulo: características e melhoramento. In: CASTRO, J.L.; ITO, M.F. (Coord.). **Dia de campo de feijão**. 19, 2003, Capão Bonito. Campinas: Instituto Agrônomo, 2003 b. p. 5-27. (Documentos, 71).

CAZETTA, J.O.; KANESHIRO, M.A.B.; FALEIROS, R.R.S.; DURIGAN, J.F. Comparação de aspectos químicos e tecnológicos de grãos verdes e maduros de guandu com os de feijão e ervilha. **Alimentos e Nutrição**, v.6, p.39-53, 1995.

CHIDI, S.N.; SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Nitrogênio foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**, v.24, n.5, p.1391-1395, 2002.

CIOTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.317-326, 2004.

COLEMAN, N.T. ; THOMAS, G.W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W.; ADAMS, F. (Eds.). **Soil acidity and liming**. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema plantio direto**. 2000 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; MELLO, F.F.C. Crescimento radicular e produtividade da aveia preta em função da aplicação de calcário e gesso em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS / X REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS / VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO / V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 26., **Anais...** Lages, SBCS/SBM, 2004. CD-ROM.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; SANTANA, D.P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, v.22, p.13-24, 2001.

DERPSCH, R.; FRORENTIN, M. Direktsaat nachhaltige landwirtschaft ohne bodenbearbeitung, entwicklung + ländlicher raum. **DLG-Verlags-GmbH**, v.34, p.22-25, 2000.

DIDONET, A.D. **Respostas da cultivar de feijoeiro comum Pérola ao choque térmico com altas temperaturas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2002. 3p. (Comunicado Técnico, 39).

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Ecofisiologia e fenologia. In: DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.23-46.

DURIGAN, J.F.; FALEIROS, R.R.S.; LAM-SANCHEZ, A. Determinação das características tecnológicas e nutricionais de diversas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). - I.: características tecnológicas. **Científica**, v.6, n.2, 215-224, 1978.

DYNIA, J.F.; MORAES, J.F.V. Calagem, adubação com micronutrientes e produção de arroz irrigado em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.6, n.6, p.831-838, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPASO, 1999. 41p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian oxisol. **Agronomy Journal**, v.94, p.305-309, 2002.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, v.1, n.4, p.825-831, 2001.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados de calcário e de saturação p^or base na produção de feijão em solos de Terra Alta. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. 6., 1999. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA, 1999, p. 839-841.

FAGERIA, N.K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1419-1424, 2001.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.73-78, 2004.

FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Piracicaba: Fundação Cargill. 1985. 345p.

FAQUIN, V., ANDRADE, C.A.B., FURTINE NETO, A.E., ANDRADE, A.T., CURTI, N. Resposta do feijoeiro a aplicação do calcário em solos de Várzea do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.22, n.3, p. 651-660, 1998.

FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; DEL PELOSO, M.J.; MELO, L.C.; CARNEIRO, G.E.S.; SOARES, D.M.; DIAZ, J.L.C.; ABREU, A.F.B.; FARIA, J.C.; SARTORATO, A.; SILVA, H.T.; BASSINELLO, P.Z.; ZIMMERMANN, F.J.P. **BRS**

Requite: nova cultivar de feijoeiro comum de tipo de grão carioca com retardamento do escurecimento do grão. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA/CNPAP, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 65).

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. www.febapdp.org.br. (Acessado em 31 de março de 2005).

FERNANDEZ, E.M. **Produtividade e qualidade de semente de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função da calagem e do método de secagem.** 1996. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. van. **Frijol: investigación y producción.** Cali: CIAT, 1985. p.61-78.

FERREIRA, C.M.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C. **Feijão na economia nacional.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2002. 47 p. (Documentos, 135).

FLOSS, E.L.; CECCON, G. Ensaio regional de aveias pretas em Passo Fundo, 1997. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., Londrina, 1998. **Resumos.** Londrina: IAPAR. p.376-378.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. **Agriannual 2004:** Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2004. p.297-304: Feijão.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANÇA, G.D. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.49-56, 2001.

FRY, S.C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, v.37, p.165-186, 1966.

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. Alterações dos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.283-290, 2003.

HAHN, D.M. et al. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: intracellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans. **Journal of Food Science**, v.42, p.1208-12, 1977.

HORN, F.L.; SCHUCH, L.O.B.; SILVEIRA, E.P.; ANTUNES, I.F.; VIEIRA, J.C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D.F.; SCHWENGBER, J.E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.123-130, 2000.

IAPAR, **Feijão IAPAR 81.** Cultivar de feijão tipo carioca, porte ereto e ampla adaptação. Londrina: IAPAR, s/d.

- INFORZATO, R.; MIYAZAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.22, p.477-481, 1963.
- KUMAR, K.G. et al. Cooking characteristics of some germinated legumes: changes in phytins, Ca, Mg and pectins. **Journal of Food Science**, v.43, p.85-8, 1978.
- LAM-SANCHEZ, A.; DURIGAN J.F.; CAMPOS, S.L.; SILVESTRE, S.R.; PEDROSO, P.A.C.; BANZATTO, D.A. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, v.2, p. 35-44, 1990.
- LEMOS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de grãos de cultivares e linhagens de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.319-326, 2004.
- LEMOS, L.B.; DURIGAN, J.F.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C.; BANZATTO, D.A. Características de cozimento e hidratação de grãos de genótipos de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v.7, p. 47-57, 1996.
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984, 46p.
- LIMA, E.V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. 2004. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado: Manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 60p. (ANDA. Boletim Técnico, 5).
- MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: ____ . **ABC da Adubação**. São Paulo: Ceres, 1979. p. 26-30.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.
- MARSCHNER, H. **Nutrition mineral of higher plants**. Belfast: The Universities Press, 1990. 674p.
- MARTINS, O.C.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; RIBEIRO, A.C. Respostas à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. II-Crescimento de raízes, absorção de nutrientes e produtividade da soja. **Ceres**, v.34, p.451-466, 1998.
- MELLO, J.C.A.; VILLAS BÔAS, R.L.; LIMA, E.V.; CRUSCIOL, C.A.C.; BULL, L.T. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo distroférrico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.553-561, 2003.

- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônômicas**, n.92, 2000. 8p. (Encarte técnico).
- MORAES, J. F., DYNIA, J. F. Adubação, calagem, disponibilidade de nutrientes e produção de arroz e feijão em solo nivelado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 9, p.1443-1449, 1998.
- MORAES, J.F.L.; BELLINGIERI, P.A.; FORNASIERI FILHO, D.; GALLON, J.A. Efeito de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agricola**, v.55, n.3, p.63-69, 1998.
- MOREIRA, S.G. **Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produção da soja**. Piracicaba, 1999, 87p, Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo.
- MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C.; SHEAR, E.M. Residual fertility in soil continuously field cropped to corn by conventional tillage and no tillage methods. **Agronomy Journal**, v.64, p.45-48, 1975.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J.R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia preta em duas condições de fertilidade de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1071-1080, 2000.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J.R. Maturação de sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.): I – Maturidade em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.315-326, 1994.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, v.38, p.47-57, 1996.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVARES, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, v.2, 2002. p.393-486.
- OLIVEIRA, I.P.; FAGERIA, N.K. Calagem e adubação. In: MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; BIAVA, M. (Ed.). **Feijão. O produtor pergunta a Embrapa responde**. EMBRAPA: Brasília, 2003. p.40-53. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).
- PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Mobilização de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 18. Londrina, PR, 1998. **Palestras...** Londrina: IAPAR, 1998. p.72-79.

- PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alterações De atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.885-895, 2001.
- PIMENTEL, M.L.; MIRANDA, P.; COSTA, A.F.; MIRANDA, A.B. Estudo nutricional de linhagens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.10, n.2, p.55-65, 1988.
- PIZAN, N.R.; BULISANI, E.A.; BERTI, A.J. **Feijão/Zoneamento ecológico e épocas de semeadura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Cati, 1984. p.5. (Boletim Técnico 218).
- POMPEU, A.S.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; BORTOLETTO, N. IAC-Carioca Eté e IAC-Carioca Tybatã: cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1999. p.382-383.
- PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.101-131.
- PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.675-684, 1998.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: IAC. 2000, 111p.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. Van, GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.3, p.375-383, 1993.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ªed. Campinas: IAC, p. 1-41, 1997 (Boletim Técnico 100).
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.263-268, 2000.
- ROCKLAND, L.B., JONES, F.T. Scanning electron microscope studies on dry beans. **Journal of Food Science**, v.39, p.342-46, 1974.
- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.353-390.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.301-309, 2003.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMA SUSTENTÁVEIS. 1., Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABCZ. 1993, p.76-104.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, 1999. p.267-319.

SÁ, J.C.M. Trigo – Parâmetros para tomada de decisão na recomendação de adubação. In: Jorna da Área de Assistência Técnica, Cooperativa Central de Laticínios do Paraná. n.82, p.3-7, 1991.

SALERNO, A.R.; VETTERLE, C.P. **Avaliação de forrageiras de inverno, no Baixo Vale do Itajaí, Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1984. 2p. (Comunicado Técnico, 76).

SANTOS, M.N.; RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E.; CASTRO, L. Influência de diferentes sistemas de manejo no teor de matéria orgânica e no tamanho e distribuição de poros em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso na região dos cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1., Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1996. p.372-374.

SARTORI, M.R. Armazenamento. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.543-58.

SCALÉA, M. A cultura do milheto e seu uso no plantio direto no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO. FARIAS NETO, A. L.; AMABILE, R. F.; MARTINS NETO, D. A.; YAMASHITA, T.; GOCHO, H. (Ed.). **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999, p. 75-82.

SGARBIERI, V.C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: BULISANI, E.A.(Coord.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill. 1987. p.257-326.

SHIMADA, M.M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v.59, p.77-83, 2000.

SILVA, C.A.; DO VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2461-2471, 2000.

SILVA, L.M.; LEMOS, L.B.; CRUSCIOL, C.A.C.; FELTRAN, J.C. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p.701-707, 2004.

SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.24, n.5, p. 81-87, 2003.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; MELLO, F.F.C. Crescimento radicular e produtividade do arroz em função da aplicação de calcário e gesso em plantio direto. In: XXVI REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS / X REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS / VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO / V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, Lages, 2004, **Anais ...** Lages, SBCS/SBM, 2004, CD-ROM, 4p.

STANLEY, D.W.; WU, X.; PLHAK, L.C. Seed coat effects in cooked reconstituted bean texture. **Journal of Texture Studies**, v.20, p.419-429, 1989.

VALE, L.S.R. **Doses e efeito residual de dois calcário em dois solos cultivados com feijão (*Phaseolus vulgaris* L)**. Botucatu, 1998, 116p, Tese (Doutorado em Agricultura), Faculdade de Ciência Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”.

VALE, L.S.R.; NAKAGAWA, J. Efeitos de doses de calcário na qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, p.129-133, 1996.

VALE, L.S.R.; NAKAGAWA, J. Influência do solo e do calcário nas características físicas e fisiológicas de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, p.17-22, 1999.

VICENTE, J.R.; ALMEIDA, L.D.A.; GONÇALVES, J.S.; SOUZA, S.A.M. Feijão Carioca: Impactos do cultivar gerado pela pesquisa paulista. In: CASTRO, J.L.; ITO, M.F. (Coord.). **Dia de campo de feijão**. 16, 2000, Capão Bonito. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. p. 63-77.

VIEIRA, R.F. Efeito da calagem sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho, no campo, de sementes de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.4, p.409-415, 1989.

VIEIRA, R.F.; ROMEIRO, E.M.C.; SOUZA, L.R.P.; DONZELLI, M.F.; VIEIRA, V. Tempo de cocção, rendimento alimentar e aceitabilidade de feijões secos dos gêneros *vigna* e *phaseolus*. **Revista Ceres**, v.36, p.525-537, 1989.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. **Utilização agrônômica de corretivos agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 120p.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.621-633, 2000.

WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. **I Curso de adubação verde no Instituto Agrônomo**. Campinas: IAC, 1993. p. 89.

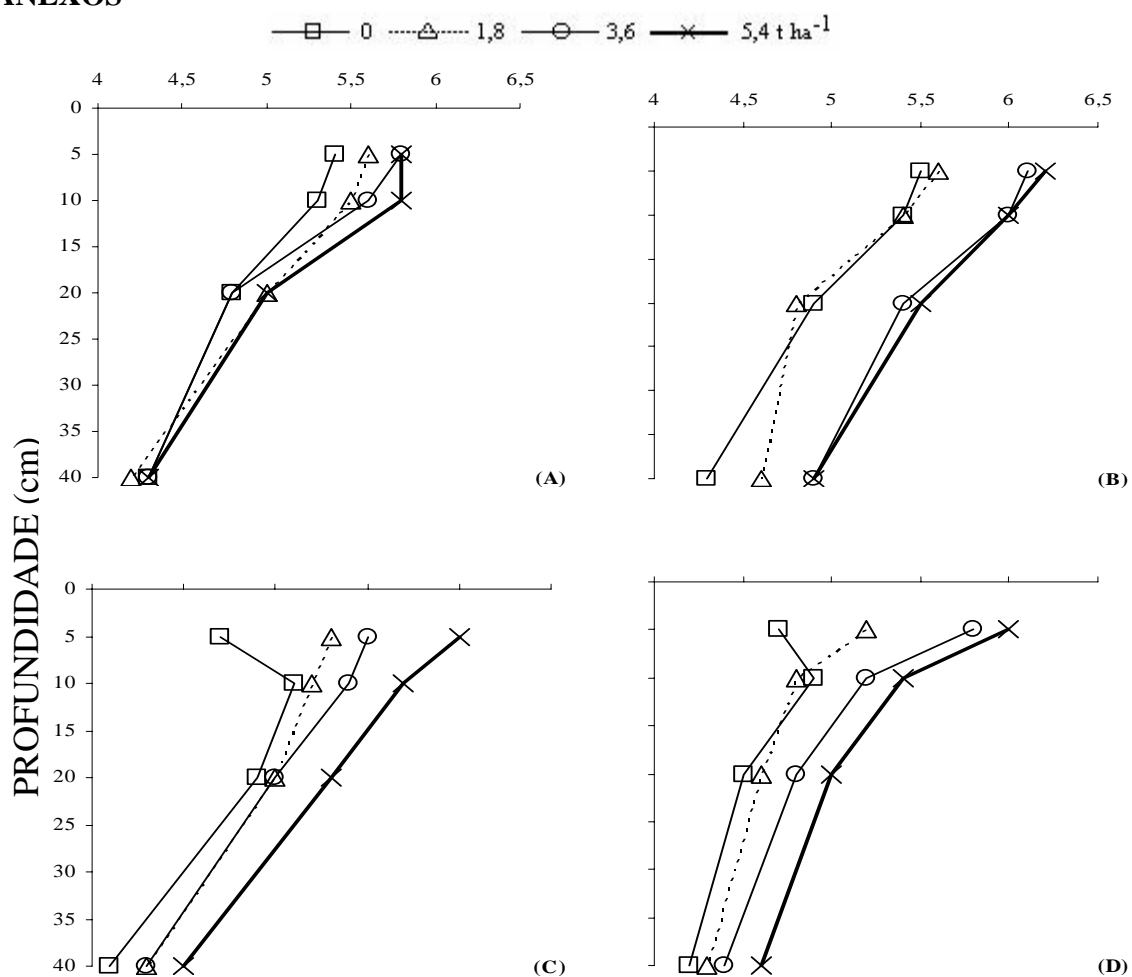
WUTKE, E.B.; PIRES, R.C.M.; TANAKA, R.T.; SAKAI, E.; MASCARENHAS, H.A.A. Desenvolvimento vegetativo e radicular, rendimento de grãos e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro da seca após cultivo de adubos verdes em plantio direto. **Revista de Agricultura**, v.78, p.77-92, 2003.

YOKOYAMA, L. P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, T. Aspectos socio-econômicos da cultura. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.1-20.

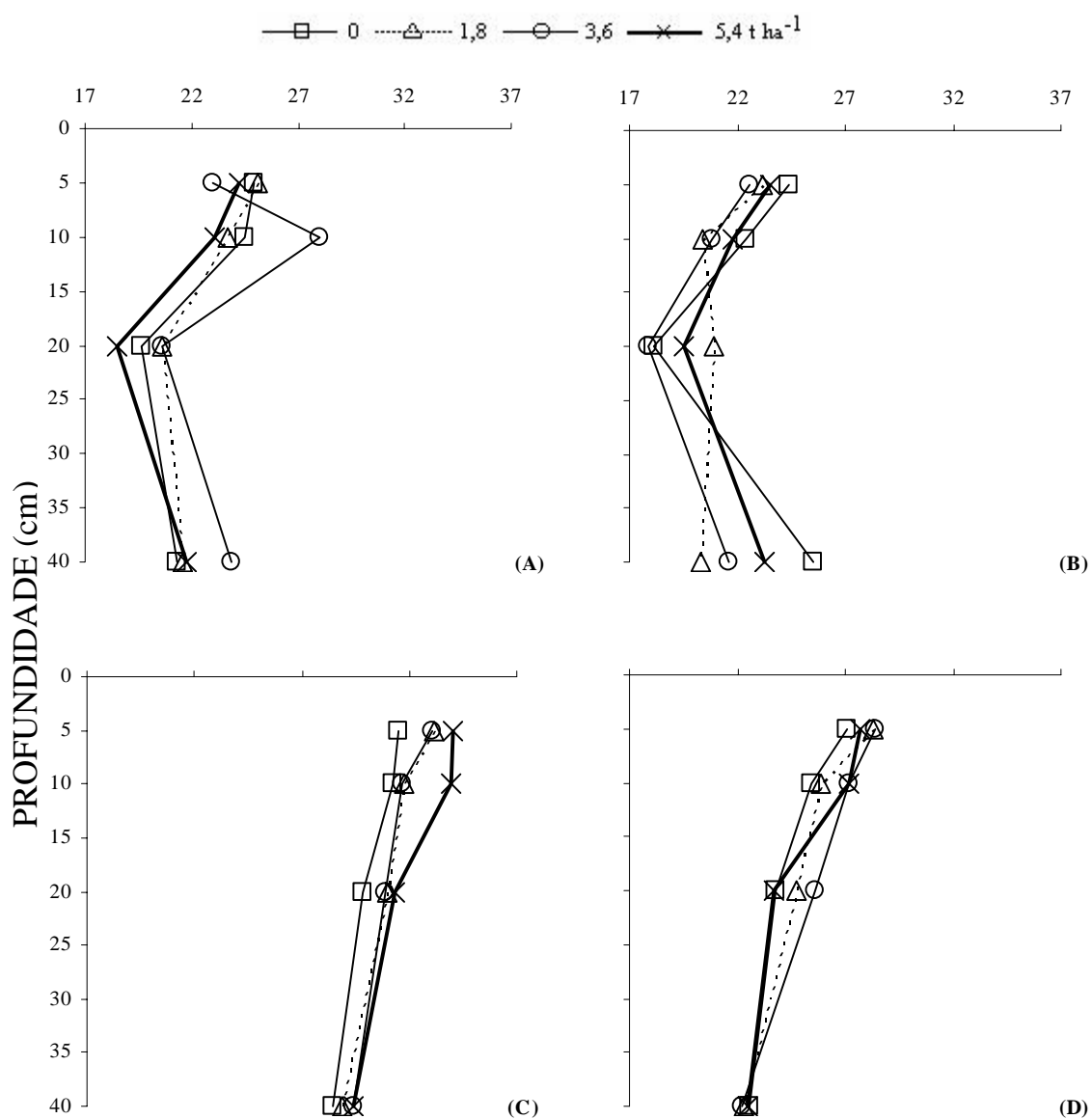
YOKOYAMA, L.P.; DEL PELOSO, M.J.; DI STEFANO, J.G.; YOKOYAMA, M. **Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão “Pérola”**: avaliação preliminar. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1999. 20 p. (Documentos, 98).

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives Biological Technology**, v.42, p.257-262, 1999.

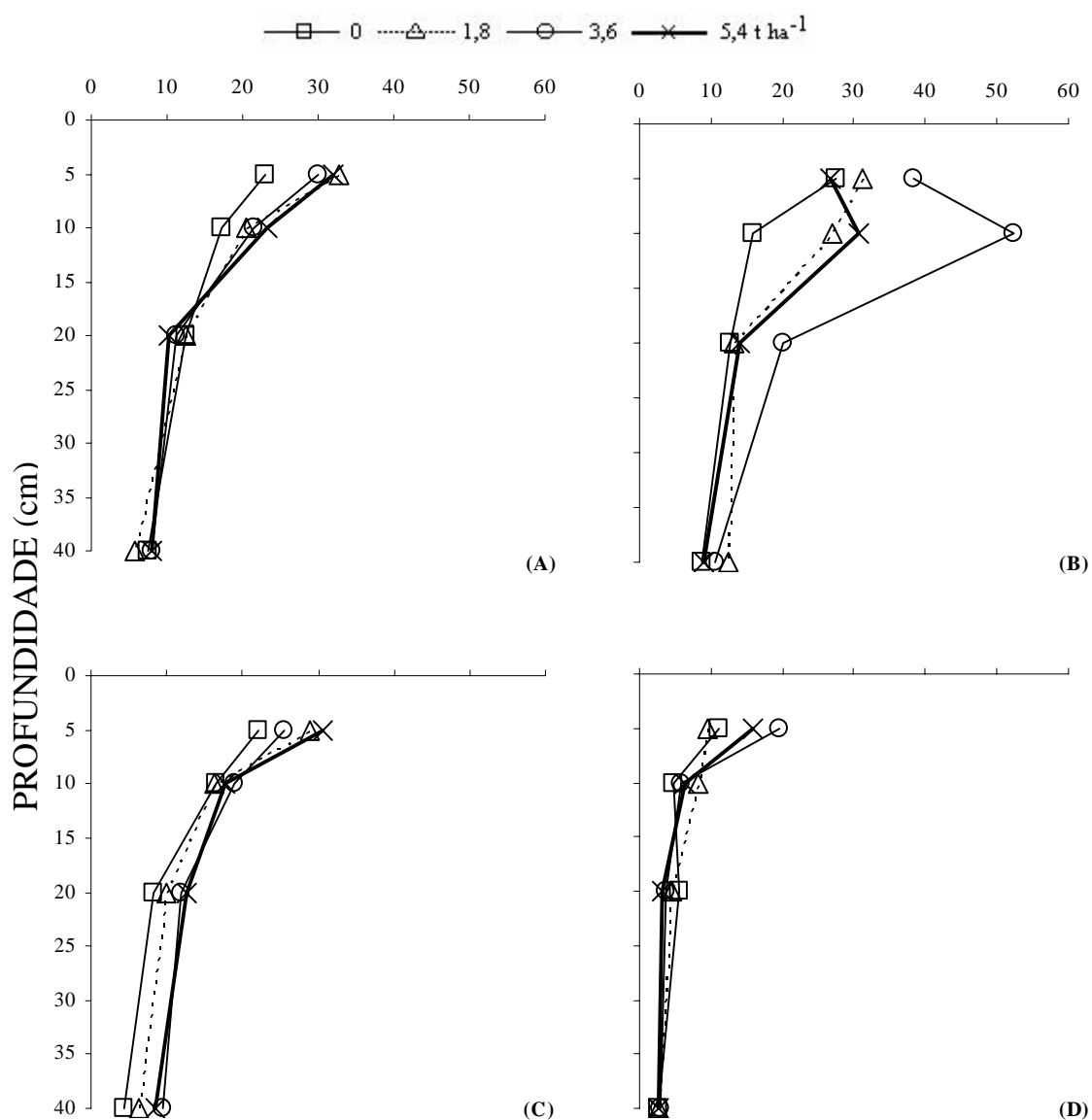
9. ANEXOS



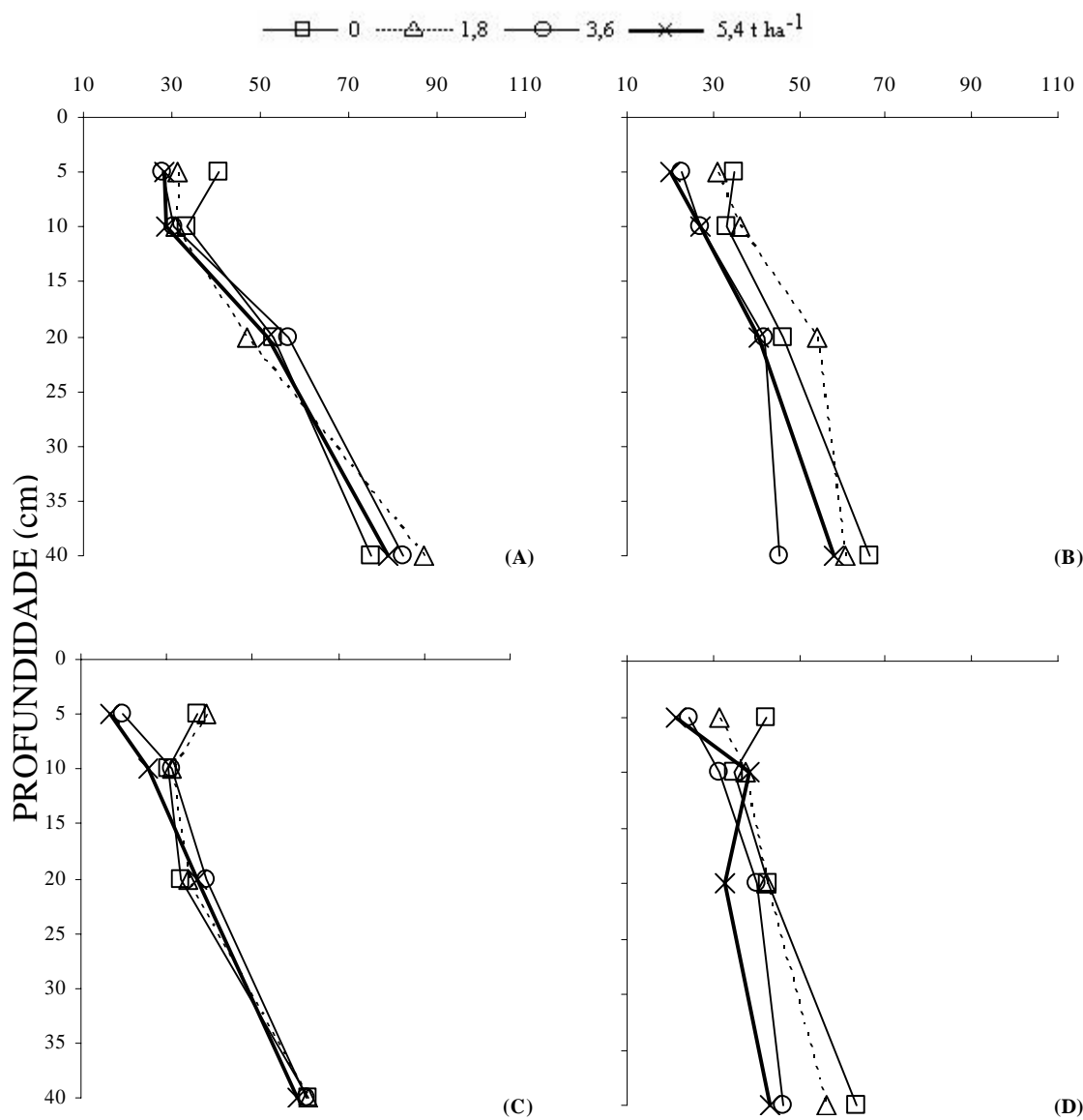
Anexo 1 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de pH em CaCl₂ no solo. Botucatu – SP.



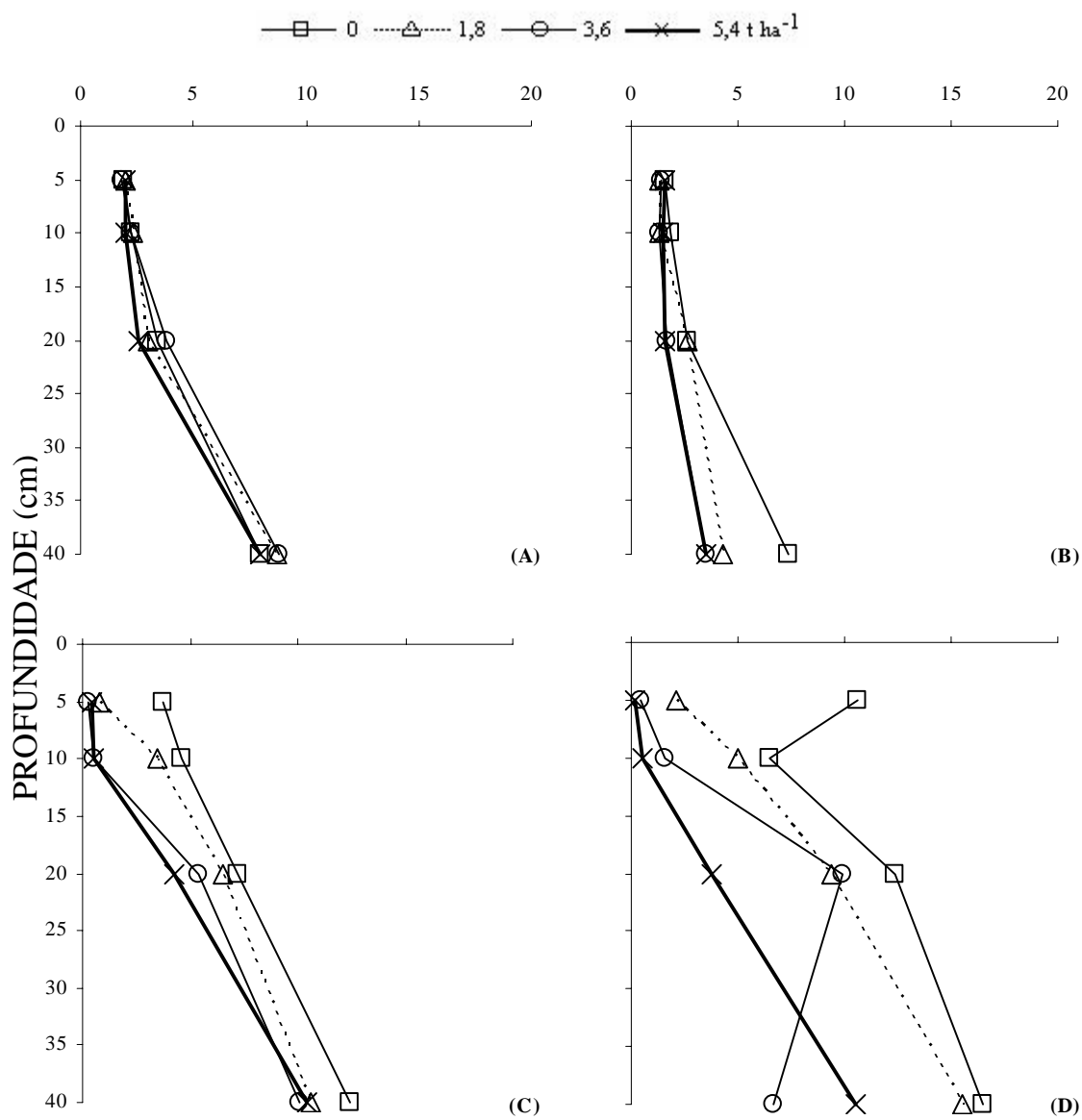
Anexo 2 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de matéria orgânica (g kg⁻¹) no solo. Botucatu – SP.



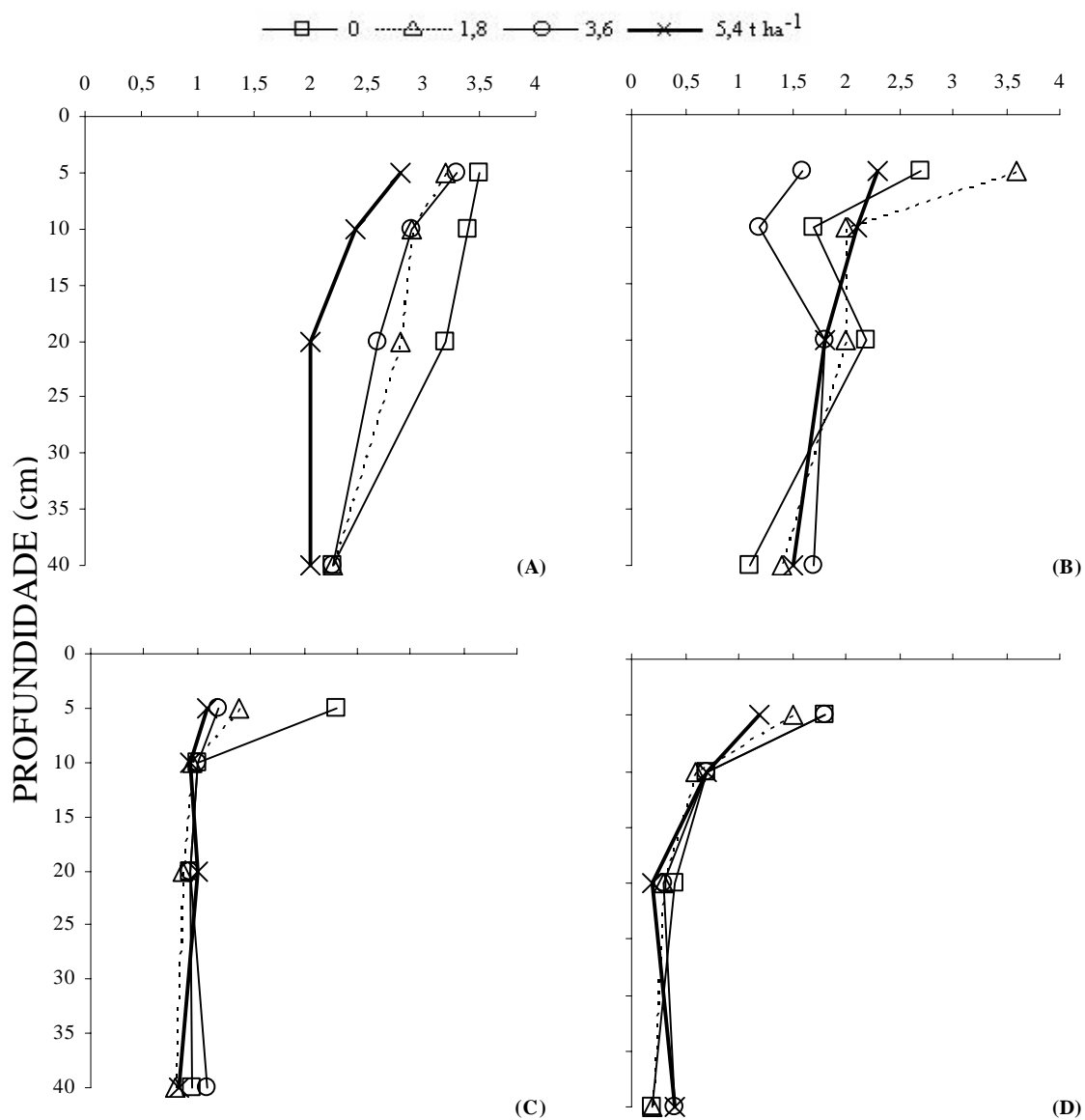
Anexo 3 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de fósforo (mg dm^{-3}) no solo. Botucatu – SP.



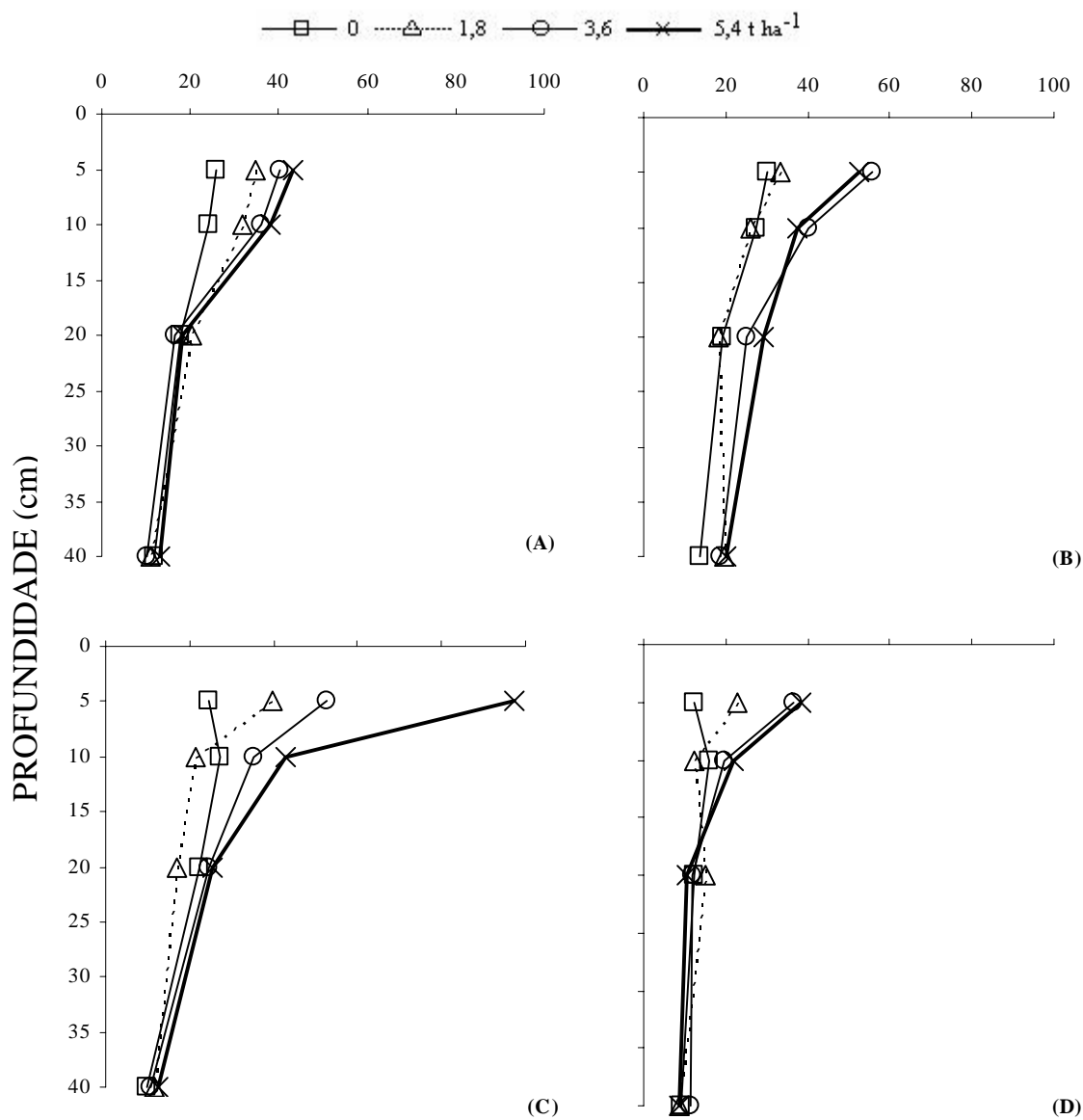
Anexo 4 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de H + Al (mmolc dm⁻³) no solo. Botucatu – SP.



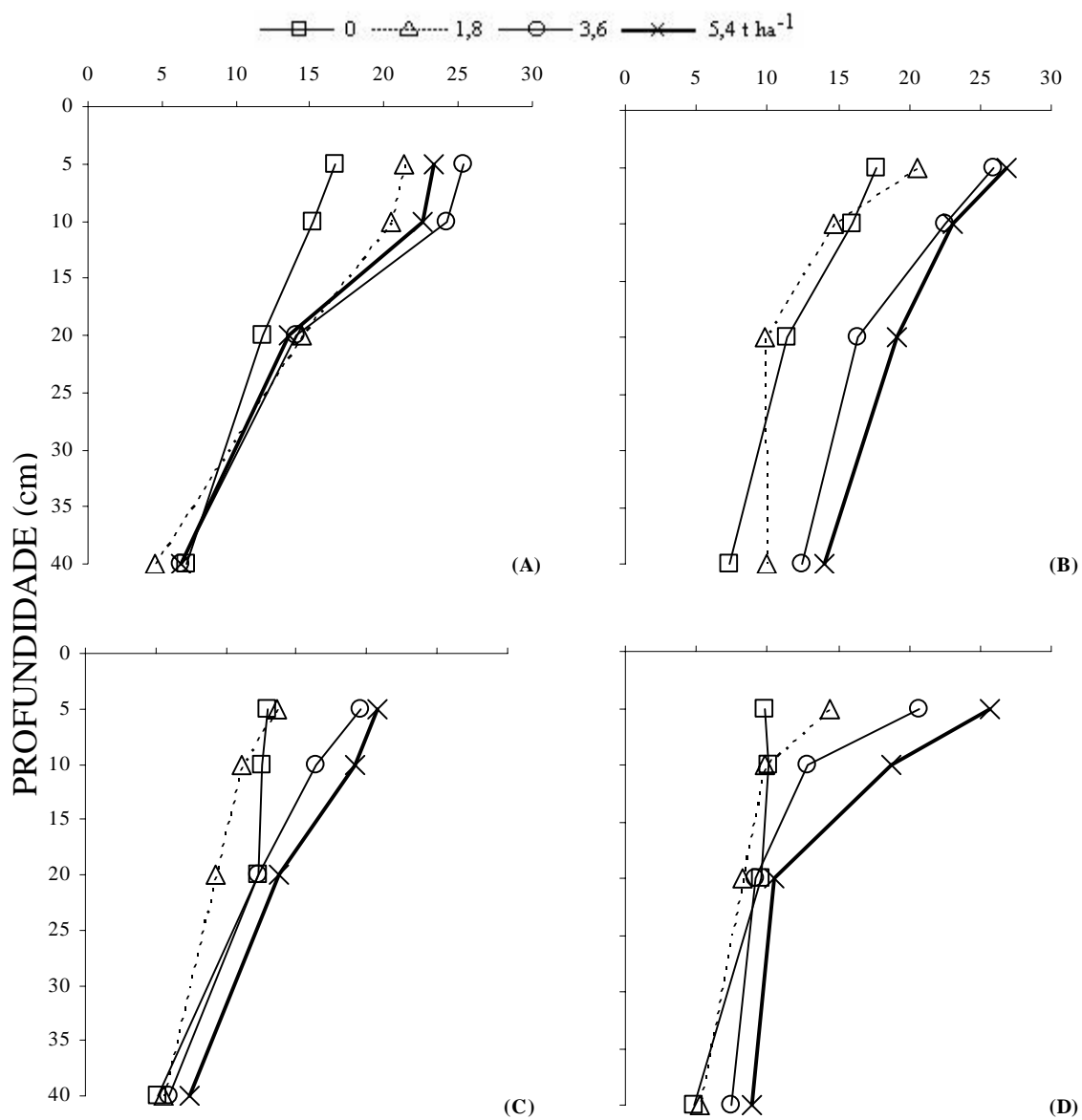
Anexo 5 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de Al (mmolc dm⁻³) no solo. Botucatu – SP.



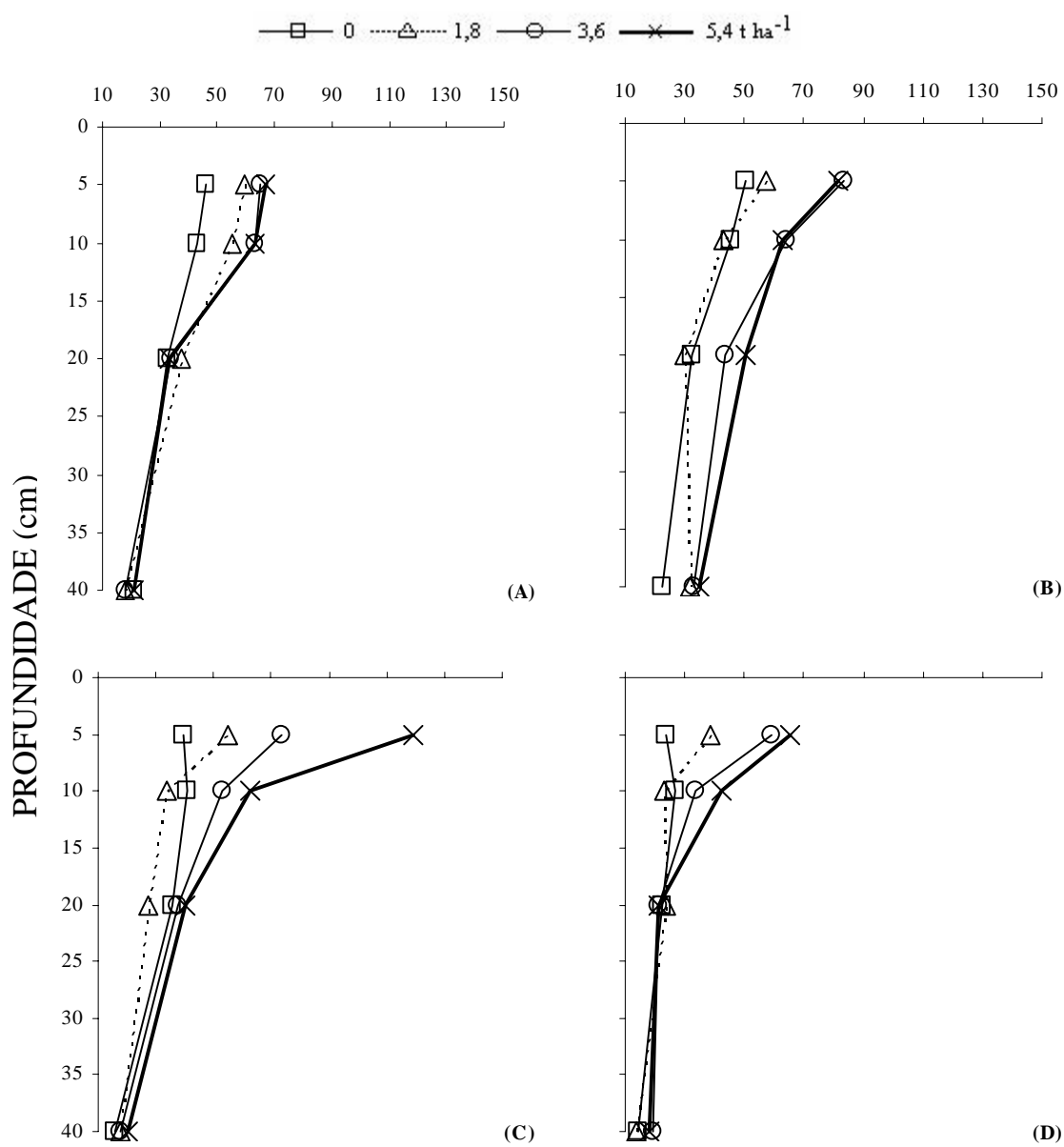
Anexo 6 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de potássio (mmolc dm^{-3}) no solo. Botucatu – SP.



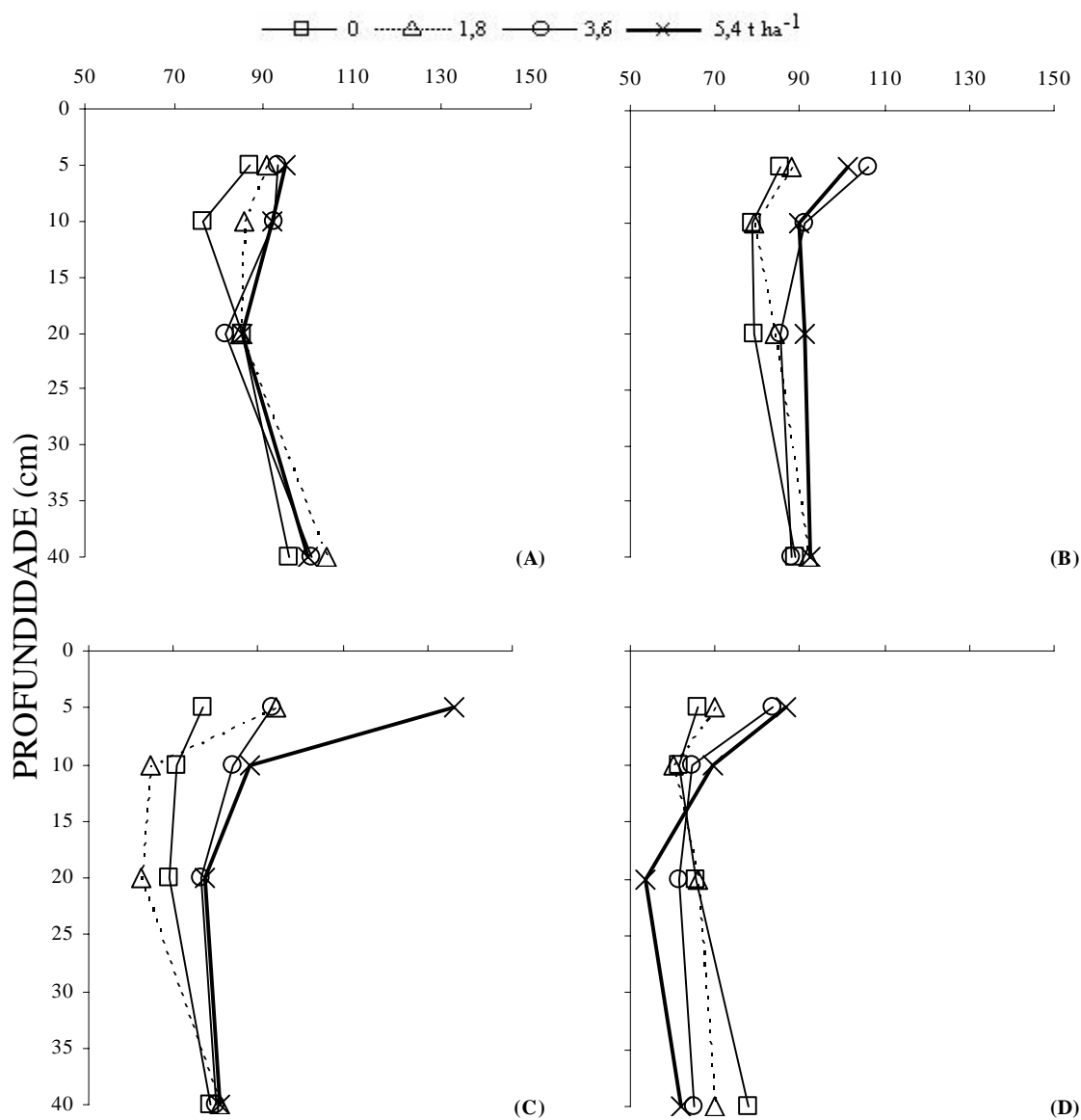
Anexo 7 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de cálcio (mmolc dm⁻³) no solo. Botucatu – SP.



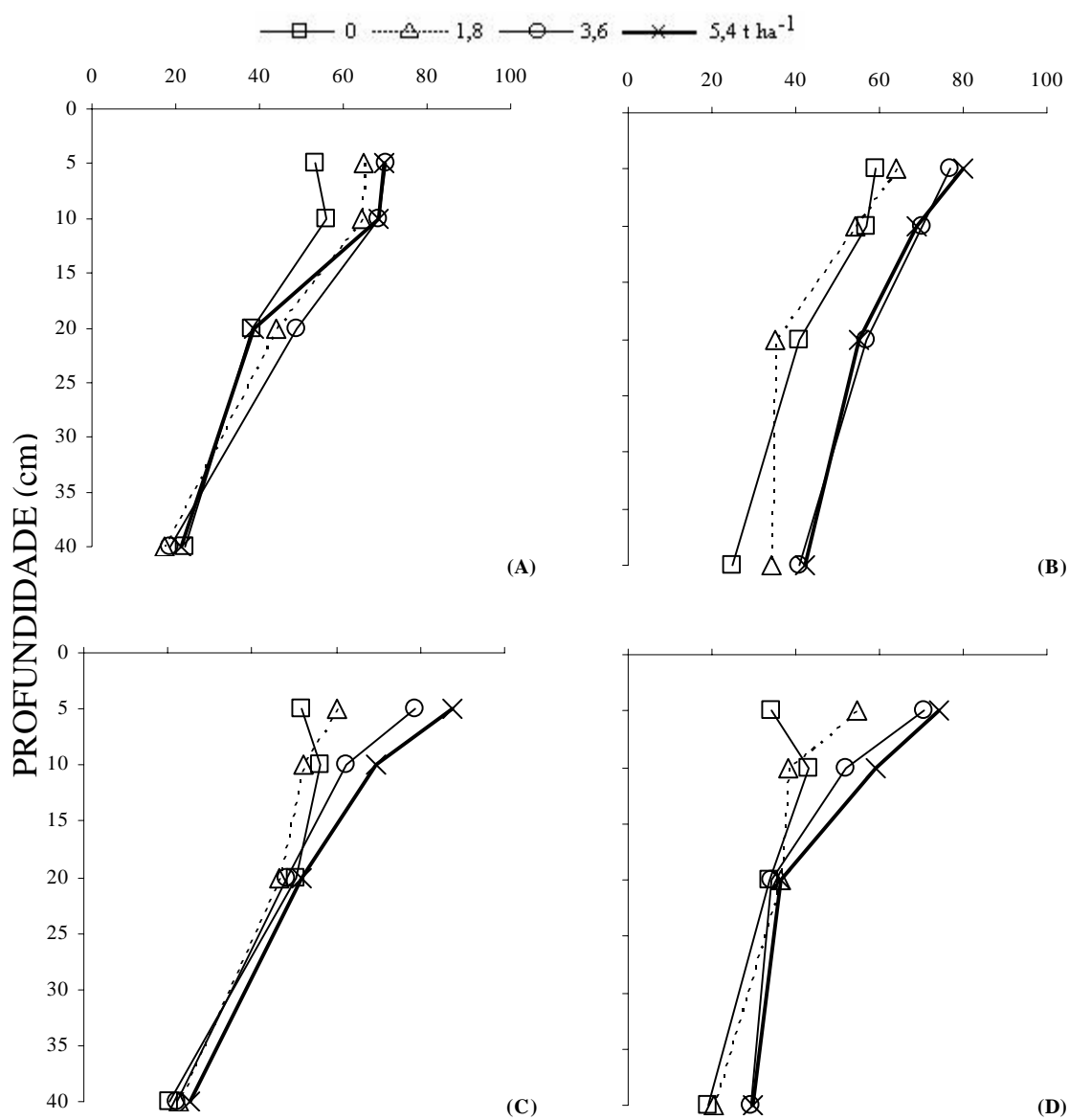
Anexo 8 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os teores de magnésio (mmolc dm⁻³) no solo. Botucatu – SP.



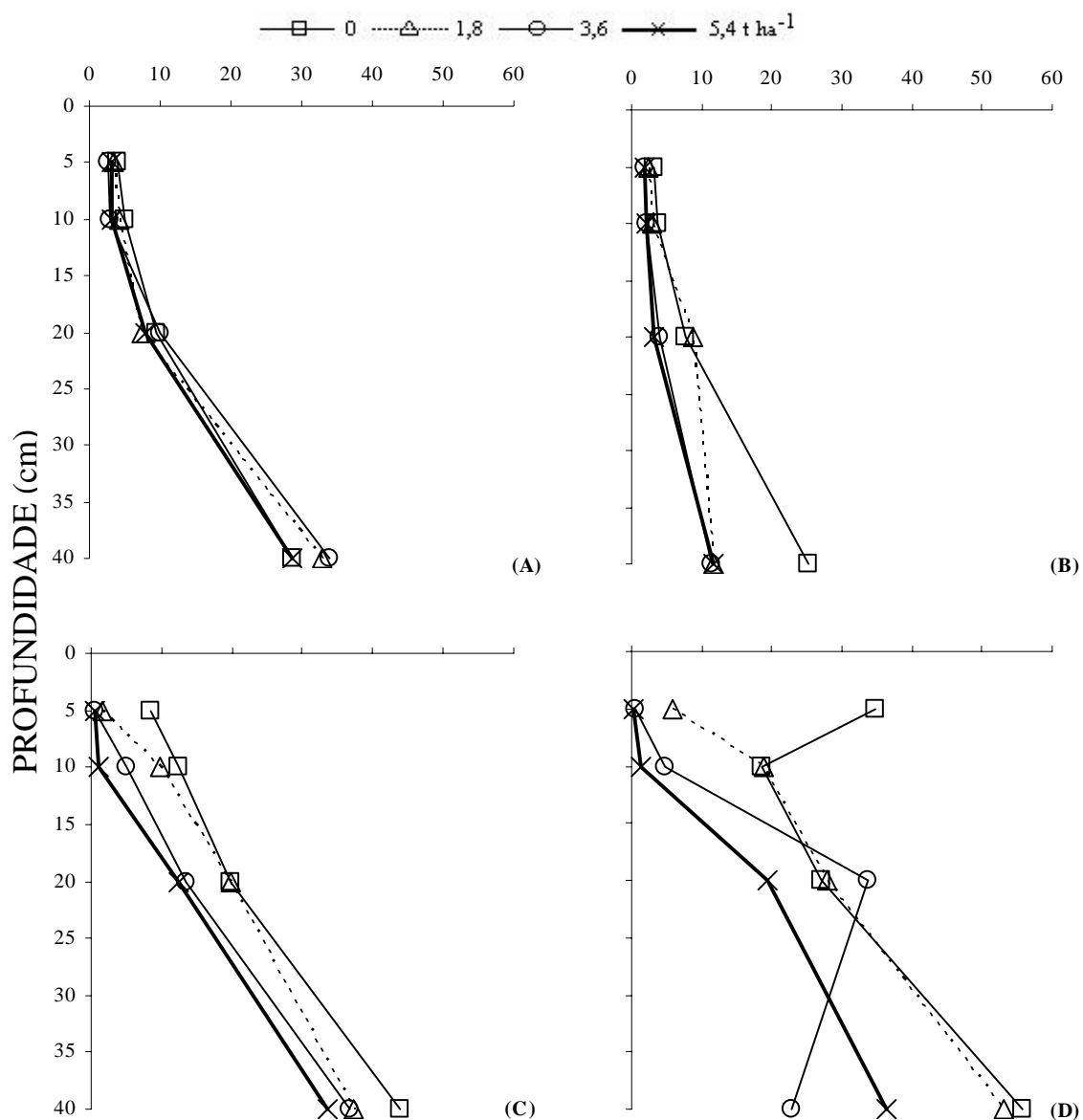
Anexo 9 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os valores de soma de bases (mmolc dm⁻³) no solo. Botucatu – SP.



Anexo 10 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os valores de capacidade de troca catiônica (mmolc dm⁻³) no solo. Botucatu – SP.



Anexo 11 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os valores de saturação por bases (%) no solo. Botucatu – SP.



Anexo 11 – Efeito do calcário em superfície, após 6 (A), 12 (B), 18 (C) e 24 (D) meses da aplicação, sobre os valores de saturação por alumínio (%) no solo. Botucatu – SP.