

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

**NÍVEIS DE FÓSFORO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NA EXTRAÇÃO
DE NUTRIENTES DO CULTIVAR DE FEIJÃO CARIOCA PRECOCE**

EDISON ULISSES RAMOS JUNIOR

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Abril - 2006

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

**NÍVEIS DE FÓSFORO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NA EXTRAÇÃO
DE NUTRIENTES DO CULTIVAR DE FEIJÃO CARIOCA PRECOCE**

EDISON ULISSES RAMOS JUNIOR

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Co -Orientador: Prof. Dr. João Nakagawa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Abril – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R175e Ramos Junior, Edison Ulisses, 1976-
Extração de nutrientes e comportamento do cultivar de
feijão Carioca Precoce em decorrência de níveis de fósforo
e épocas de semeadura / Edison Ulisses Ramos Junior. - Bo-
tucatu : [s.n.], 2006.
xvi, 134 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006

Orientador: Dirceu Maximino Fernandes

Co-orientador: João Nakagawa

Inclui bibliografia

1. Feijão - Cultivo. 2. Feijão - Adubação. 3. Plantas -
Efeito do fósforo. 4. Feijão - Nutrição. 5. Produtividade
agrícola. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Nakagawa,
João. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mes-
quita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agronômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: NÍVEIS DE FÓSFORO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NA EXTRAÇÃO DE
NUTRIENTES DO CULTIVAR DE FEIJÃO CARIOCA PRECOCE.

ALUNO: EDISON ULISSES RAMOS JUNIOR

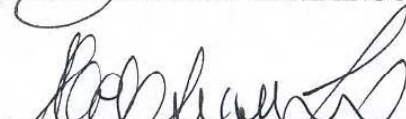
ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO NAKAGAWA

Aprovado pela Comissão Examinadora




PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. ORIVALDO ARF



DR. EDMILSON JOSÉ AMBROSANO



DR^a ROSEMARY MARQUES DE A. BERTANI

Data da Realização: 10 de abril de 2006

Ao meu pai,

Edison Ulisses Ramos

À minha mãe,

Cleuzeni Bevilaqua Ramos

Às minhas irmãs,

Edeli Ramos

Edna Ramos Gomes Teixeira

Eliana K. Ramos Antiqueira

Eliete Ramos

À minha noiva,

Carolina A. de Souza Queiroz

Aos meus sobrinhos

Ana Beatriz Ramos Antiqueira

Artur Ramos Gomes Teixeira

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pelo grande incentivo, pela confiança em mim demonstrada, pela compreensão e pelo profissionalismo, sabendo como ninguém desempenhar a função de professor e orientador com caráter, ética e honestidade.
- Ao Prof. Dr. João Nakagawa, pelo exemplo que é perante a FCA, pela paciente e segura orientação, pelo grande incentivo na realização do trabalho e pelos ensinamentos passados desde o período de graduação. Também pelo caráter, profissionalismo e pela forma com que lida com o próximo.
- Ao amigo Claudemir Zucareli, pela inestimável ajuda desde o início da pós-graduação, por todas as dificuldades superadas, pela paciência e por todos os anos de excelente convivência em Botucatu.
- Aos funcionários de campo do Departamento de Produção Vegetal/ Agricultura, pela amizade e grande ajuda durante as conduções dos trabalhos.
- À Carolina A. de Souza Queiroz, por ter chegado aonde cheguei, por tudo que é para mim e por toda ajuda, compreensão, carinho e dedicação.
- Aos amigos Dácio e Ana Paula Olibone, Luis Antonio e Mônica de Mendonça Costa, Adilson e Gláucia Pellá, Laerte Marques da Silva, José Carlos Feltran, Edwin Camacho Palomino, André de Moraes Costa e Juliane Dossi Salum pela grande ajuda e por todos os momentos felizes que passamos juntos.
- À funcionária Valéria Retameiro Giandoni, pela ótima convivência no Laboratório de Sementes, pela boa vontade em ajudar e pela grande amizade.
- Aos funcionários Alana, Vera, Cirinho, Dorival, D^a. Jô, Maurílio, Rubens, por toda ajuda e pela amizade.
- A todos os colegas de curso que tanto me incentivaram durante todo o trabalho.
- Ao CNPq pelo apoio financeiro.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.
- Aos funcionários da seção de pós-graduação, pela ajuda e amizade.
- Aos funcionários da biblioteca, pelo incentivo e grande ajuda, nos mais de 11 anos na FCA.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS	XIII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1 Importância socioeconômica do feijoeiro.....	8
4.2 Aspectos agronômicos do feijoeiro comum.....	9
4.3 Aspectos gerais sobre o crescimento do feijoeiro.....	11
4.4 O fósforo no solo e na planta.....	14
4.5 Absorção de nutrientes pelo feijoeiro.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1 Localização do experimento.....	24
5.2 Clima.....	24
5.3 Caracterização do solo.....	26
5.4 Calagem, preparo do solo e adubação de sementeira.....	27
5.5 Características do cultivar de feijão.....	27
5.6 Delineamento experimental.....	28
5.7 Tratamento de sementes e sementeira.....	28
5.8 Controle de plantas daninhas.....	28
5.9 Controle fitossanitário.....	29
5.10 Adubações de cobertura.....	29
5.11 Irrigação.....	29
5.12 Coleta de plantas e preparo do material para análise.....	29
5.13 Características fitométricas, componentes da produção e produtividade.....	31
5.13.1 Florescimento pleno.....	31
5.13.2 Ciclo.....	31

5.13.3	Altura da inserção da primeira vagem.....	32
5.13.4	Comprimento das vagens.....	32
5.13.5	Número de vagens por planta.....	32
5.13.6	Número de grãos por vagem.....	32
5.13.7	Massa de 100 grãos.....	32
5.13.8	Teor de água.....	33
5.13.9	Produtividade de grãos.....	33
5.14	Determinações analíticas.....	33
5.15	Análise estatística.....	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6.1	Período “da seca”.....	35
6.1.1	Aspectos climáticos durante o experimento.....	35
6.1.2	Acúmulo de massa de material seco.....	36
6.1.3	Acúmulo e exportação de nutrientes.....	37
6.1.3.1	Acúmulo total de nutrientes nas folhas.....	37
6.1.3.2	Acúmulo total de nutrientes no caule.....	45
6.1.3.3	Acúmulo total de nutrientes nas valvas.....	54
6.1.3.4	Acúmulo total de nutrientes nos grãos.....	57
6.1.3.5	Acúmulo total de nutrientes, na parte aérea da planta, por época de avaliação..	59
6.1.3.6	Contribuição percentual dos nutrientes de cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e da época de avaliação.....	66
6.1.3.7	Características fitométricas, componentes da produção e produtividade.....	74
6.2	Período “das águas”.....	76
6.2.1	Aspectos climáticos durante o experimento.....	76
6.2.2	Acúmulo de massa de material seco.....	76
6.2.3	Acúmulo e exportação de nutrientes.....	78
6.2.3.1	Acúmulo total de nutrientes nas folhas.....	78
6.2.3.2	Acúmulo total de nutrientes no caule.....	88
6.2.3.3	Acúmulo total de nutrientes nas valvas.....	98
6.2.3.4	Acúmulo total de nutrientes nos grãos.....	102

6.2.3.5 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea da planta por época de avaliação....	106
6.2.3.6 Contribuição percentual dos nutrientes em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e da época de avaliação.....	112
6.2.3.7 Características fitométricas, componentes da produção e produtividade.....	120
6.3 Considerações finais.....	122
7 CONCLUSÕES.....	124
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Escala fenológica referente ao feijoeiro comum (Gepts & Fernández, 1982; Dourado Neto & Fancelli, 2000).....	11
2	Resultados da análise química do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado (SP). Época “da seca”, 2003.....	26
3	Resultados da análise química do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado (SP). Época “das águas”, 2003.....	26
4	Quantidade de fósforo (kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹) aplicada via solo em razão dos tratamentos.....	27
5	Observações cronológicas de fenologia durante o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca Precoce semeado no período “da seca”.....	30
6	Observações cronológicas da fenologia durante o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca Precoce semeado no período “das águas”.....	31
7	Causas da variação e graus de liberdade para as determinações analíticas.....	34
8	Causas da variação e graus de liberdade para as características fitométricas, componentes da produção e produtividade.....	34
9	Quantidade acumulada de nutrientes nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	38
10	Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	39
11	Regressões polinomiais das quantidades de potássio acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	40
12	Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	41
13	Quantidade acumulada de nutrientes no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce em função de doses de fósforo, aplicado via solo, e épocas de avaliação. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	47

14	Regressões polinomiais das quantidades de nitrogênio acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	49
15	Regressões polinomiais das quantidades de fósforo acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	51
16	Regressões polinomiais das quantidades de potássio acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	52
17	Regressões polinomiais das quantidades de enxofre acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	53
18	Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	54
19	Regressões polinomiais das quantidades de manganês acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	55
20	Quantidade acumulada de nutrientes nas valvas do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “da seca”, Botucatu-SP, no ano de 2003.....	57
21	Quantidade acumulada de nutrientes nos grãos do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	60
22	Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 10 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	63
23	Quantidade total de nutrientes acumulada na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 25 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	64
24	Quantidade total de nutrientes acumulada na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 40 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	65
25	Quantidade total de nutrientes acumulada na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 55 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	66

26	Quantidade total de nutrientes acumulada na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 70 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	67
27	Contribuição percentual do nitrogênio em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	69
28	Contribuição percentual do fósforo em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	70
29	Contribuição percentual do potássio em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	70
30	Contribuição percentual do cálcio em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	70
31	Contribuição percentual do magnésio em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	71
32	Contribuição percentual do enxofre em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	71
33	Contribuição percentual do cobre em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	71
34	Contribuição percentual do ferro em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	72
35	Contribuição percentual do manganês em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	72
36	Contribuição percentual do zinco em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	72
37	Componentes da produção e produtividade do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.....	77
38	Quantidade acumulada de nutrientes nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	81

39	Regressões polinomiais das quantidades de enxofre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	86
40	Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	87
41	Regressões polinomiais das quantidades de zinco acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	89
42	Quantidade acumulada de nutrientes no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	90
43	Quantidade acumulada de nutrientes nas valvas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	95
44	Quantidade acumulada de nutrientes nos grãos do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	98
45	Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 10 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	102
46	Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 25 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	103
47	Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 40 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	104
48	Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 55 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	105
49	Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 70 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	106

50	Contribuição percentual do nitrogênio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	108
51	Contribuição percentual do fósforo, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	108
55	Contribuição percentual do potássio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	108
56	Contribuição percentual do cálcio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	109
54	Contribuição percentual do magnésio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	109
55	Contribuição percentual do enxofre, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	109
56	Contribuição percentual do cobre, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	110
57	Contribuição percentual do ferro, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	110
58	Contribuição percentual do manganês, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	110
59	Contribuição percentual do zinco, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	111
60	Componentes da produção e produtividade do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicada via solo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Precipitação pluvial (mm), temperaturas, mínima, média e máxima (°C) e estádios fenológicos ocorridos durante o cultivo do feijoeiro cv Carioca Precoce, no período “da seca”, em Botucatu-SP, no ano de 2003.....	25
2 Precipitação pluvial (mm), temperaturas, mínima, média e máxima (°C) e estádios fenológicos ocorridos durante o cultivo do feijoeiro cv Carioca Precoce, no período “das águas” em Botucatu-SP, no ano de 2003.....	25
3 Massa de material seco acumulado na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, durante o ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo no período “da seca” em Botucatu – SP, no ano de 2003....	36
4 Desdobramento da interação doses de fósforo por épocas de avaliação para o nitrogênio nas folhas do feijoeiro cv Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	37
5 Desdobramento da interação doses de fósforo por épocas de avaliação para o potássio nas folhas do feijoeiro cv Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	39
6 Interação doses de fósforo por épocas de avaliação para o cobre, nas folhas, do feijoeiro cv Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	40
7 Quantidades de macronutrientes acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, ao longo do ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	43
8 Quantidades de ferro, manganês e zinco acumuladas nas folhas do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	44
9 Quantidades de cálcio, magnésio, ferro e zinco acumuladas no caule do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em função de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	48

10	Nitrogênio no caule dentro de cada dose de fósforo e época avaliada para o feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	49
11	Fósforo no caule dentro de cada dose de fósforo e época avaliada para o feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	50
12	Potássio no caule dentro de cada dose de fósforo e época avaliada para o feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	51
13	Quantidade de enxofre acumulada no caule, dentro de cada época e dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	52
14	Quantidade de cobre acumulada no caule dentro de cada época e dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	54
15	Quantidade de manganês acumulada no caule, dentro de cada época e dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.	55
16	Quantidades de cobre e manganês acumuladas nas valvas do feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Época “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	58
17	Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio acumulada nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	59
18	Quantidade acumulada de magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.....	62
19	Massa de material seco na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, durante o ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	79

20	Quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio acumulada nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu - SP, 2003.....	82
21	Quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e manganês acumulada nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, ao longo do ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”. Botucatu – SP, 2003.....	84
22	Enxofre dentro de cada época e de cada dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	86
23	Cobre dentro de cada época e de cada dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	87
24	Zinco dentro de cada época e de cada dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	88
25	Quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro e manganês acumulada no caule do feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	92
26	Quantidade de zinco acumulada no caule do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	93
27	Quantidades de potássio, cálcio e cobre acumuladas nas valvas do feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	96
28	Quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre acumuladas nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.	99

29	Quantidades de cobre, ferro, manganês e zinco acumuladas nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.....	100
----	---	-----

1 RESUMO

O feijão é um produto agrícola de grande valor social para o Brasil, superando até mesmo o econômico, visto que é alimento tipicamente brasileiro, largamente utilizado como fonte de energia e proteína por todas as camadas da população. Cultivares precoces são de grande importância para o produtor, por diminuírem o tempo entre a semeadura e a colheita dos grãos, aumentando as possibilidades de sucesso na semeadura de mais de uma colheita no sistema de rotação no período chuvoso. Apesar disso, não se tem dado atenção suficiente a esses materiais, tendo-se pouquíssimos estudos a respeito. Portanto, o objetivo do trabalho foi estudar o acúmulo de nutrientes no decorrer do desenvolvimento das plantas de feijoeiro cv. Carioca Precoce, sob seis doses de adubação fosfatada, seus efeitos nos componentes de produção e produtividade. Os experimentos foram conduzidos em condições de campo na área experimental da Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu - UNESP, em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, sendo atualmente denominado de NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura argilosa. As adubações foram feitas manualmente nos sulcos de semeadura em seis doses: 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A parte aérea das plantas foi coletada aos 10 (V2), 25 (V3/V4), 40 (R5), 55 (R7) e 70 (R8/R9) dias após emergência das plântulas. Para realização das extrações de nutrientes, separaram-se as plantas em folhas, caules, valvas e grãos. Na colheita, plantas foram coletadas para avaliação dos componentes de produção e produtividade. Utilizou-se esquema fatorial 6 x 5, ou seja, seis doses de fósforo e 5 épocas de amostragem, num delineamento em blocos

casualizados, com 5 repetições. Os cultivos realizados nos períodos “das águas” e “da seca” proporcionaram quantidades semelhantes de matéria seca na parte aérea, tendo sido obtido no período “da seca” a maior produtividade de grãos. O comportamento do cultivar Carioca Precoce seguiu as doses de fósforo aplicado no sulco de semeadura para a maioria dos nutrientes, em ambos períodos de cultivo, aumentando a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea. A seqüência quantitativa de acúmulo de nutrientes nas plantas (folha + caule + valva + semente), avaliadas em R8/R9 em ambos períodos de cultivo, foi: $N > Ca > K > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > Cu$. O acúmulo de nutrientes pelos grãos no período “da seca” foi: $N > K > Ca > P > Mg > S > Zn > Mn > Fe > Cu$. No período “das águas”, a seqüência dos macronutrientes foi semelhante a do período “da seca”, modificando a seqüência dos micronutrientes, sendo: $Fe > Zn > Mn > Cu$.

EXTRACTIONS OF NUTRIENTS AND BEHAVIOR OF COMMON BEAN CULTIVAR CARIOCA PRECOCE IN FUNCTION OF LEVELS OF PHOSPHORUS AND PERIODS OF SOWING. Botucatu, 2006. 141 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: EDISON ULISSES RAMOS JUNIOR

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Co-Adviser: JOÃO NAKAGAWA

2 SUMMARY

Common beans is an agricultural product of great social value for Brazil, also surpassing the economic one, since it is typically Brazilian food, wide used as source of energy and protein for all the layers of the population. Precocious cultivars presents great importance for the producer for diminishing the time between sowing and harvesting, increasing the success possibilities of sowing of more than one crop at rainy period. Despite this, it has not given enough attention to these materials, existing nowadays, a few studies about it. Therefore, the objective of the work was to study the accumulation of nutrients during the development of the common beans plants cv. “Carioca Precoce”, under six doses of phosphorus fertilization, and the effect of the doses at the yield components and productivity, cultivated at two periods of sowing. The experiments had been lead at field conditions in the experimental area of Agronomics Sciences College of Botucatu - UNESP, in soil classified currently as “NITOSSOLO VERMELHO Distroférico”, argillaceous texture. The fertilizations had been made manually in the row of sowing at six doses: 0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg P₂O₅ ha⁻¹. The top of the plants had been collected at 10 (V2), 25 (V3/V4), 40 (R5), 55 (R7) and 70 (R8/R9) days after emergency of the seedlings. For the extractions of nutrients, the plants were separated in leaves, stems, valves and grains. In the harvest, plants had been collected for evaluation of the yield components and productivity. It was used the factorial project 6 x 5, being, 6 doses of phosphorus and 5 times of sampling, at a randomized block outline, with 5 replications. The crops were carried through at "water" and "dry season" had

provided similar amounts of dry substance in the top, and at “dry season”, it had been gotten the biggest productivity of grains. The behavior of “Carioca Precoce” followed the doses of phosphorus applied in the row of sowing for the majority of the nutrients, in both periods of cropping, increasing the amount of nutrients accumulated in the aerial part. The quantitative sequence of accumulation of nutrients in the plants (leaf + stem + valve + seed), evaluated in R8/R9 in both periods of cropping, was: $N > Ca > K > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > Cu$. The accumulation of nutrients for the grains at “dry season” was: $N > K > Ca > P > Mg > S > Zn > Mn > Fe > Cu$. At "water season", the sequence of the macronutrients was similar to the "dry season", modifying the sequence of the micronutrients, being: $Fe > Zn > Mn > Cu$.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., mineral nutrition, phosphorus, yield components, productivity.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), produzindo entre 2,7 e 3,2 milhões de toneladas em área que varia entre 2,7 e 4,2 milhões de hectares (COSTA & PINHEIRO, 2005, ZUPPI et al., 2005, HETZEL, 2006). A produção nacional é suficiente para o abastecimento interno desse produto, componente tradicional da dieta básica da população brasileira, cujo consumo *per capita* atual é estimado entre 11,0 (COSTA & PINHEIRO, 2005) e 12,8 kg ao ano (DURÃO, 2005). Apesar do expressivo declínio de consumo, o feijão detém um importante papel na segurança alimentar do país, representando cerca de 3% do PIB agrícola (COSTA & PINHEIRO, 2005).

O feijão é consumido pelos brasileiros em todas as camadas sociais. A combinação de feijão e arroz no prato principal forma uma boa relação do ponto de vista nutricional, como fonte de proteína de boa qualidade, fibra e carboidrato (EMBRAPA, 1981, SGARBIERI, 1987; BASSINELO et al., 2005; CORRÊA et al., 2005).

O feijoeiro comum é cultivado em três safras por ano: a “das águas”, “da seca” e “de inverno”, em todos os Estados da Federação, em um expressivo número de estabelecimentos, sob diferentes estratos de propriedade e variados sistemas de produção. A grande amplitude dos fatores edafoclimáticos e socioeconômicos resulta em grande variação do nível tecnológico e explica a baixa produtividade média da cultura (BULISANI, 1994; YOKOYAMA et al., 1996; COSTA & Pinheiro, 2005).

Na década de 60, pelo cultivo em sua grande maioria, em consórcio

com outras culturas ou em áreas recém introduzidas para a produção de grãos, era tratado como atividade econômica secundária, tendo despertado reduzido interesse pela melhoria da produção, tanto por parte dos agricultores em obter elevadas produtividades, quanto pelos pesquisadores em promover estudos detalhados sobre as características da planta, visando conhecer as possibilidades produtivas da espécie.

Com o forte aumento da demanda causado pelo êxodo rural, nos anos 70, bem como a concentração da população em zonas urbanas e a mudança nas técnicas de produção de outras espécies vegetais, o emprego de culturas em consórcio tornou-se inviável para grande parte dos produtores. Incrementou-se assim, de forma mais decisiva, a exploração do feijoeiro como cultura principal, principalmente em áreas com características climáticas mais favoráveis a essa leguminosa, intensificando-se também os estudos visando um melhor conhecimento da planta.

O avanço nas técnicas de cultivo e mudanças das características dos produtores, passando de cultivo de subsistência para produção economicamente rentável realmente tiveram início na década de 80, principalmente com o desenvolvimento do cultivo no período de inverno em regiões mais quentes e sem risco de geadas, com necessidade de irrigação. A expansão do cultivo possibilitou desde a produção, em grande escala, de sementes com elevado grau de sanidade, até a quebra da predominância de duas safras anuais, promovendo um fluxo mais contínuo de feijão recém colhido aos grandes centros consumidores.

Mais recentemente, com a utilização de cultivares bem adaptadas, inserção da cultura no sistema plantio direto e utilização de produtos mais modernos no controle de pragas e doenças, têm se verificado avanços na produtividade da cultura, mesmo tendo-se reduzido, neste período, boa parte de sua área de cultivo (HETZEL, 2006).

Cultivares precoces são de grande importância para o produtor, por diminuir o tempo entre a semeadura e a colheita dos grãos, aumentando as possibilidades de sucesso na semeadura de mais de uma safra no período chuvoso. Apesar disso, não se tem dado atenção suficiente a esses materiais, tendo-se pouquíssimos estudos a respeito.

Pelo fato de o material ser precoce, tem-se a expectativa de uma velocidade metabólica maior em relação à de crescimento normal, o que torna a adubação um fator de maior importância, desde o início de desenvolvimento da planta.

Entre todos os ganhos observados, lacunas têm sido verificadas na área de nutrição mineral, existem poucos trabalhos, na literatura, relatando a extração de nutrientes pela cultura. Em se tratando de cultivares precoces, essas informações são ainda mais escassas.

O objetivo do trabalho foi estudar não só o acúmulo de nutrientes no decorrer do desenvolvimento das plantas de feijoeiro cv. Carioca Precoce, sob seis doses de adubação fosfatada, adicionadas no sulco de semeadura, bem como o efeito destes nas características fitométricas, componentes de produção e produtividade, considerando o cultivo em duas épocas de semeadura.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Importância socioeconômica do feijoeiro

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento básico originário das Américas, onde seu consumo diário representa um aporte protéico da ordem de 15 a 35% e calórico, de 340 kcal 100g⁻¹. De grande importância para a dieta da população latino-americana, principalmente em razão do seu menor custo, o feijão pode ser consumido até três vezes por dia (YOKOYAMA et al., 1996; MORALES-GARZON, 2000).

Apesar de toda a área destinada ao cultivo do feijão comum na América Latina, a produção não consegue satisfazer a demanda interna dos principais países consumidores. Isto se deve à baixa produtividade dos cultivos dessas regiões (que oscilam entre 500 e 700 kg ha⁻¹) e que, por sua vez, estão associados à falta de: assistência técnica, crédito e mercado estável, bem como ao baixo nível tecnológico, à ocorrência de problemas fitossanitários e ao baixo uso de insumos (MORALES-GARZON, 2000).

O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão do mundo, seguido por Índia, China, México, Estados Unidos e Uganda (ZUPPI et al., 2005). Os referidos autores indicam que o feijoeiro tem potencial para produzir 6 milhões de toneladas no Brasil, sem ocorrer significativa expansão da área cultivada. Isto indica que o rendimento médio deve atingir 1.500 kg ha⁻¹. Assim, o aumento do rendimento da cultura do feijoeiro no Brasil deverá ser o principal responsável pelo aumento de produção (BARROS et al., 2000; ZUPPI et al., 2005).

A oferta do feijão é extremamente sujeita a variações determinadas principalmente pelas condições climáticas, que impactam diretamente na produtividade e pela expectativa do preço entre os produtores, o que traz grandes variações na área cultivada. No entanto, expectativa se deve, basicamente, à vontade dos produtores, uma vez que a demanda interna do mercado brasileiro vem se caracterizando por notável estabilidade. O consumo brasileiro está, há pelo menos uma década, variando entre 2,7 e 3,2 milhões de toneladas (KIYUNA & ASSUNÇÃO, 2001).

Segundo Zuppi et al. (2005), o feijão ocupa 4,2 milhões de ha, classificando-se em terceiro lugar, superado apenas pela soja e pelo milho. Nesta área são produzidos 3,2 milhões de toneladas, com rendimento de 750 kg ha⁻¹, diferentemente dos dados apresentados por Costa & Pinheiro (2005), que apontam área de 2,7 milhões de hectares para uma produção de 2,7 milhões de toneladas.

4.2 Aspectos agronômicos do feijoeiro comum

De acordo com Vasconcelos (1988) e Costa & Pinheiro (2005), o feijoeiro é cultivado em todos os estados da federação, em três safras por ano. A primeira, semeada de setembro a novembro e colhida de dezembro a fevereiro, cultivados principalmente nos Estados do Paraná, São Paulo e região centro-sul do Brasil; a segunda, semeada de fevereiro a maio e colhida de maio a agosto, cultivada, principalmente pelos estados da região nordeste, Minas Gerais, São Paulo e Goiás; e finalmente a terceira, semeada em áreas irrigadas, de maio a junho e colhida de agosto a setembro, quando os preços estão em alta.

Oliveira et al. (1998) relataram que, no Estado de Minas Gerais, o feijão é tradicionalmente semeado em duas épocas: na estação “das águas” e na estação “da seca”. Por problemas causados tanto pelo excesso de chuvas na colheita, no primeiro período, como por falta delas no segundo, muitos produtores vêm optando pela semeadura na época de inverno, também conhecida como “terceira época” ou “de inverno”. Como nesse período as chuvas são escassas, a cultura deve obrigatoriamente ser irrigada, prática esta relativamente cara, vindo por isso, sempre associada com a utilização de sementes ao invés de grãos,

fertilizantes e controle mais efetivo de pragas e doenças. A produtividade alcançada com esse método de cultivo tem variado de 1.500 a 2.500 kg ha⁻¹.

No Estado de São Paulo costuma-se semear a cultura nas três épocas. Na primeira delas, ou época “das águas”, as produtividades médias têm sido de 1.557,7 kg ha⁻¹ numa área total de 76.262 ha em 2004, com cultivos predominando nas regiões de Sorocaba, Campinas e Ribeirão Preto; o cultivo “da seca”, ou segunda época, tem apresentado produtividades médias em torno de 1.360,8 kg ha⁻¹ em uma área de 54.784,6 ha; já para o cultivo “de inverno” com irrigação, as produtividades médias obtidas estão em torno de 2.054,3 kg ha⁻¹, numa área de 31.637,4 há, e nas áreas sem irrigação, as produtividades médias estão em torno de 1.083,2 kg ha⁻¹, numa área de 37.543,9 ha, com predomínio de cultivo nas regiões de São José do Rio Preto, Barretos, Araçatuba e Presidente Prudente (IEA, 2006).

Entende-se por densidade o número de plantas por unidade de área, resultado da combinação entre o espaçamento entrelinhas e o número de plantas por metro. A população ideal de plantas de feijoeiro numa lavoura, além de contribuir diretamente para maximizar a produtividade, favorece a qualidade do produto obtido. De um modo geral têm sido recomendados espaçamentos de 40 a 60 cm entrelinhas e 10 a 12 plantas por metro, ficando, pela ocasião da colheita, população em torno de 240 mil plantas por hectare (LOLLATO, 2000). Embora a população de plantas num hectare possa variar com o cultivar, Karel & Mghogho (1985), estudando o efeito de densidade de plantas de feijoeiro da ordem 100.000 a 400.000 plantas por hectare, relatam que os componentes da produção não diferem significativamente em relação as densidades estudadas. Outros trabalhos (SILVEIRA et al., 1990; ARF et al., 1990; DEL PELOSO, 1998) mostram que, em geral, mesmo com grande variação da densidade, os rendimentos não são significativamente alterados.

O feijoeiro comum pode ser cultivado na maioria dos solos, de arenosos a argilosos, desde que a disponibilidade e a drenagem de água seja adequada (FAGERIA et al., 1991). Seu desenvolvimento compreende duas grandes fases, denominadas de vegetativa e reprodutiva, diferenciadas entre si pela manifestação de diferentes eventos. A duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro pode ser afetada por alguns fatores, entre os quais merece especial destaque o genótipo, que determina o hábito de crescimento e a precocidade das plantas, bem como o clima e as condições de fertilidade do solo

(DOURADO NETO & FANCELLI, 2000). Em condições normais, o ciclo fenológico do feijoeiro comum varia de 70 a 85 dias (FAGERIA et al., 1991). Uma planta de feijão leva de 28 a 42 dias para atingir o florescimento e 60 a 150 dias para a maturidade fisiológica (HALL & SCHAWARTZ, 1994). A descrição e a caracterização dos estádios fenológicos podem ser evidenciadas na Tabela 1. O conhecimento e a facilidade na identificação dos estádios fenológicos do feijoeiro comum favorecem o estabelecimento de estratégias efetivas de manejo, visando à obtenção de rendimentos satisfatórios e lucrativos (DOURADO NETO & FANCELLI, 2000).

Tabela 1. Escala fenológica referente ao feijoeiro comum (Gepts & Fernández, 1982; Dourado Neto & Fancelli, 2000).

Momento	Descrição
Fase vegetativa	
V0	Emergência da plântula
V1	Cotilédones ao nível do solo
V2	Folhas primárias completamente expandidas
V3	Primeira folha trifoliolada completamente expandidas
V4	Terceira folha trifoliolada completamente expandidas
Fase reprodutiva	
R5	Aparecimento dos primeiros botões florais
R6	Aparecimento da primeira flor aberta
R7	Aparecimento da primeira vagem
R8	Primeiras vagens cheias
R9	Modificação da cor das vagens (ponto de maturidade fisiológica)

4.3 Aspectos gerais sobre o crescimento do feijoeiro

Gallo & Miyasaka (1961) estudaram a composição química do feijoeiro, cultivar Chumbinho Opaco, em solo com teor de P baixo, sendo os tratamentos: um com adubação completa, incluindo micronutrientes e calagem e, o outro, mantido sem adubação. Observaram um crescimento gradual na produção de matéria seca, verificando

maior intensidade no período de 53 a 65 dias de idade das plantas, quando elas se desenvolveram sem adubação. Já no solo adubado, o período de maior ganho de matéria seca foi antecipado para 33 a 44 dias. Uma redistribuição dos fotossintetizados da ordem de 601 kg ha⁻¹ foi observada no período dos 44 aos 65 dias de idade das plantas, translocando das partes vegetativas para as valvas e grãos, no tratamento adubado. Constataram ainda que na maturação há duas vezes mais matéria seca que no florescimento.

Haag et al. (1967) observaram que o feijoeiro pouco se desenvolveu até os 20 dias de idade. A partir do 30º dia, iniciou-se um crescimento intenso, atingindo os valores máximos ao redor do 50º dia de idade. Deste ponto em diante, houve decréscimo na matéria verde em decorrência da queda das folhas e secamento das plantas. Pela porcentagem de matéria seca na planta em relação à verde, observou-se uma relação constante até o 50º dia, demonstrando um crescimento sensível a partir desta idade, como resultado da maturação dos grãos. Na maturação, pelas observações feitas, encontraram o quádruplo de matéria seca em relação à época do florescimento. Já Gallo e Miyasaka (1961) encontraram apenas o dobro de matéria seca.

Cobra Netto (1967), estudando o cv. Roxinho apontou crescimento contínuo da matéria seca, em condições de campo, até o 56º dia após a semeadura, seguido de ligeira diminuição até o 66º, em razão de queda intensa das folhas. Nos dias seguintes, pela maior produção de vagens, houve novamente um suave aumento da matéria seca. Quanto às partes da planta, as produções de matéria seca de caules e folhas apresentaram a mesma tendência, tendo produção máxima no 56º dia e, posteriormente, diminuição. A produção de matéria seca das vagens cresceu continuamente do 56º dia até o final do ciclo.

Brandes (1971), estudando a fisiologia das plantas de feijoeiro por meio de análise de crescimento, conduzido sob condições de campo, observou que a produção de matéria seca foi altamente dependente das condições climáticas. No período “das águas”, a matéria seca foi duas vezes superior à da época “da seca”. No mesmo estudo, verificou que o crescimento individual das plantas é inversamente proporcional às densidades de plantio, o que demonstra a importância do número de plantas por unidade de área e a capacidade que o feijoeiro apresenta de compensar, dentro de certos limites, pelo crescimento individual, a maior ou menor densidade de plantio. As folhas apresentaram crescimento máximo por volta dos 40 a 50 dias de idade das plantas, o que indica terem elas participado com porcentagens

elevadas nas primeiras fases do ciclo, e mínimas na fase de maturação. Percentualmente, a matéria seca dos caules apresentou efeito diferenciado em relação às folhas, apresentando um crescimento máximo em torno dos 50 dias para o plantio “da seca” e 60 para o “das águas” sugerindo que os caules são, por algum tempo, um depósito, da planta, dos produtos por ela sintetizados, da mesma forma que as vagens o serão mais tarde, de maneira definitiva e acentuada. Os valores máximos de produção de matéria seca se deram aos 60 e 50 dias após emergência das plântulas, para os plantios “das águas” e “da seca”, respectivamente.

Malavolta (1972), analisando quase duas centenas de ensaios de adubação do feijoeiro conduzidos nas mais diversas condições brasileiras, verificou que os efeitos de local e época de plantio, na maioria das vezes, são superiores aos dos tratamentos de adubação em decorrência da grande variação de respostas aos fertilizantes aplicados.

Lopes (1988) enfatizou que a taxa de acúmulo de matéria seca é seqüencial, ou seja, modifica-se conforme o estágio de desenvolvimento da planta. No início, folhas e raízes são os drenos preferenciais, passando então a ser os caules por certo período e, a partir do florescimento, com o aparecimento das vagens, estas passam a ser os drenos preferenciais.

Coyne (1969), Fageria et al. (1991) relataram que a produtividade de um campo de feijão é um assunto complexo, sendo composta por três componentes: número de vagens por planta, peso médio dos grãos e número de grãos por vagem. Coeficientes de correlações negativos são geralmente determinados entre esses componentes, indicando que a seleção para aumento em qualquer um deles não leva à melhoria da produtividade total.

O número de vagens por unidade de área, o número médio de grãos por vagem e o peso médio de grãos, segundo Adams (1972), são considerados como os componentes da produção em feijoeiro. Relatou, esse autor, que geralmente é encontrada baixa herdabilidade para os dois primeiros, e de média a alta para o terceiro componente. Comentou que os cultivares de feijoeiro diferem bastante quanto aos componentes individuais, mas não tanto quanto à produtividade propriamente dita. Tais comentários concordam em grande parte com os de Coyne (1969).

4.4 O fósforo no solo e na planta

O fósforo é importante no metabolismo das plantas, participando na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, diferentemente dos demais nutrientes, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

O baixo teor de P disponível no solo é a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola nos trópicos (SANCHEZ & SALINAS, 1981). Nesse sentido, a maioria das culturas no Brasil apresenta resposta à aplicação do nutriente (OLIVEIRA et al., 1987), sendo ele, de acordo com Matos & Ribeiro (1987), Arf (1994), e Yan et al. (1995) o que mais influi na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros. Entretanto, é baixa a eficiência da adubação fosfatada, pois grande parte do P adicionado torna-se imóvel ou não disponível, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997).

Em solos tropicais, o fósforo é o nutriente limitante para a produção agrícola (HALL & SCHAWARTZ, 1994; LÓPEZ-BUCIO et al., 2002). Por apresentar baixa mobilidade no solo (MATHAB et al., 1971; MARSCHNER 1995; LÓPEZ-BUCIO et al., 2002), o fósforo, freqüentemente, é o fator que restringe o crescimento de plantas (HINSINGER, 2001).

Os solos tropicais são caracterizados pelo elevado grau de intemperização e pelos baixos teores de fósforo na forma disponível às plantas. Localizados preferencialmente nos horizontes superficiais, normalmente decrescem conforme se aumenta a profundidade do solo (BONSER et al., 1996). Nessas condições, o fósforo pode ser fixado em formas não disponíveis às plantas, principalmente com óxidos de ferro e alumínio (NIELSEN et al., 1999). O fósforo pode estar presente no solo, mas, em função de sua elevada reatividade, pode estar indisponível à planta (HOLFORD, 1997; SHACHTMAN et al., 1998) e, freqüentemente, em teor inferior ao adequado para diversas culturas (AL-NIEMI et al., 1997;

HINSINGER, 2001), dentre as quais, a do feijoeiro comum (FÖSHER, 1988; HINSINGER, 2001), especialmente quando se considera solo de regiões tropical e subtropical (HINSINGER, 2001).

O P no solo pode ser dividido em quatro categorias: P na forma iônica e em compostos na solução do solo; P adsorvido na superfície dos constituintes minerais do solo; minerais cristalinos e amorfos de P; e, finalmente, fósforo componente da matéria orgânica. O mecanismo de difusão, principal responsável pelo contato entre o fosfato e as raízes no solo, depende de fatores como: concentração do nutriente na solução, poder tampão do solo e coeficiente de difusão do elemento no solo (BARBER, 1984).

Dos macronutrientes usados na adubação do feijoeiro, o fósforo é o que tem proporcionado maiores e mais freqüentes respostas, conforme resultados obtidos por Gouvêa et al. (1954), Silva & Gouvêa (1955), Vieira & Gomes (1961), Fontes et al. (1965), Miyasaka et al. (1966), Braga et al. (1972), Malavolta (1972), Junqueira Netto (1977), Machado (1979), Rosolem & Marubayashi, (1994), Fageria, (1997).

Miranda & Lobato (1978), Costa (1985), Oliveira et al. (1987), Fageria (1989), Carvalho et al. (1993) e Carvalho et al. (1995) encontraram efeito da adubação fosfatada sobre o feijoeiro, com níveis críticos no solo, variando de 12 a 140 mg de P dm⁻³.

Fernandes et al. (2001), trabalhando com o cultivar Carioca-MG encontraram respostas à aplicação de fósforo tanto na presença quanto na ausência de calagem em solos de várzea, assim como Miranda et al. (2000), que encontraram aumentos na produção de grãos até a maior dose avaliada e irrigação adequada. Em locais de irrigação deficiente, solos com maior quantidade de fósforo promoveram efeitos menos prejudiciais à cultura.

Embora o feijoeiro comum responda positivamente à fertilização com fósforo (AL-NIEMI et al., 1997), em regiões da América Latina e África, esta prática é limitada em função da baixa renda dos agricultores (HORST et al., 2001). A elevada capacidade de fixação de fósforo em solos dessas regiões também restringe a disponibilidade (NIELSEN et al., 1998; HORST et al., 2001).

A absorção de P pela planta, em solos de baixa fertilidade, está associada ao crescimento radicular e à eficiência de absorção (ARAÚJO et al., 1996). O feijoeiro foi considerado por Fösher et al. (1988) como de baixa eficiência na absorção de P,

em virtude da baixa razão raiz/parte aérea e do baixo influxo, associados a um menor requerimento de P para produção de biomassa.

Outros minerais influenciam a resposta dada pela planta à disponibilidade de fósforo e vice-versa (MARSCHENER, 2002; RUBIO et al. 2003). Um exemplo seria a deficiência de P na restrição da absorção, assimilação e translocação de N nas plantas (GNIAZDOWSKA et al. 1999) por atuar sobre a iniciação, crescimento e funcionamento dos nódulos responsáveis pela fixação simbiótica do nitrogênio (ISRAEL, 1987; BENNET, 1994), melhorando indiretamente o conteúdo protéico dos grãos.

A deficiência generalizada de P nos solos das regiões produtoras de feijão talvez seja, segundo Araújo et al. (2002), o fator nutricional mais limitante à fixação de N em cultivos com baixa tecnologia. Leguminosas são particularmente afetadas pela baixa disponibilidade de fósforo tendo em vista que, por serem culturas tipicamente desenvolvidas em simbiose, apresentam maior requerimento de fósforo que plantas desenvolvidas com nitrogênio mineral (AGGARWAL et al., 1997; AL-NIEMI et al., 1997).

O feijoeiro comum, segundo Fan et al. (2003), em condições de deficiência de fósforo, apresentou redução no crescimento secundário e atraso no desenvolvimento radicular. Segundo esses autores, o atraso no desenvolvimento em resposta a limitação na disponibilidade de fósforo consiste em uma estratégia adaptativa que visa, mediante crescimento primário, a concentração de recursos na exploração do solo.

A taxa de crescimento da parte aérea do feijoeiro decresce a medida que intensifica a deficiência de fósforo. Plantas sem fósforo apresentaram-se menores e com tonalidade verde mais escuro (CAKMAK et al., 1994; HALSTED & LINCH 1996; MARSCHENER, 2002) visto que as expansões celulares e foliares são mais retardadas que a formação de cloroplastos e clorofila (MARSCHENER, 2002).

O baixo suprimento de P diminui a área foliar, em consequência principalmente, da redução no número de folhas e, secundariamente, da limitação à expansão da folha (RODRIGUEZ et al., 1998). A baixa disponibilidade de P em feijoeiro afetou o crescimento pela diminuição do aparecimento de folhas e da partição da biomassa entre órgãos fotossintéticos e respiratórios, mais do que por efeitos na fotossíntese (LYNCH et al., 1991).

Ao estudarem a resposta de cultivares de feijão à aplicação de fósforo, Oliveira et al. (2005) observaram que existe resposta diferencial das cultivares avaliadas. O

crescimento da planta, em altura somente, aumentou com doses altas de fósforo (120 kg ha^{-1} de P_2O_5), assim como em relação à produção de matéria seca. Os cultivares Valente e Talismã foram responsivos a baixas e altas doses de fósforo, enquanto o cultivar Radiante foi mais exigente em fósforo em relação aos demais.

Em condições de casa de vegetação, 80% da produção máxima de biomassa do feijoeiro foi obtida com a aplicação de 90 mg kg^{-1} de P no solo, o que corresponde a um teor de 2 mg kg^{-1} de P na parte aérea (FÖSHER et al., 1988). Segundo Wortmann et al. (1992), teores foliares inferiores a $3,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de P no feijoeiro, pelo sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), indicam a necessidade de adubação.

A proporção de P retido em folhas senescentes de feijoeiro é maior em plantas sob baixa disponibilidade de P do que sob alta, em consequência da menor longevidade das folhas sob baixo teor de P (SNAPP & LYNCH., 1996). O teor de P nas folhas do feijoeiro decresceu depois do início da formação das vagens, tendo o índice de colheita sido superior ao dos demais macronutrientes, o que indica uma elevada translocação de P para os grãos (HAAG et al., 1967).

Ao avaliarem cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de P, Oliveira et al. (1987) verificaram que o maior retorno de produção de grãos em relação ao nível de P aplicado ficou situado na faixa entre 30 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Tal resultado está muito distante das doses utilizadas para se obter o máximo de rendimento (500 e 600 kg ha^{-1} de P_2O_5), indicando que as que elevaram o rendimento dos cultivares ao ponto máximo não devem ser recomendadas para a cultura.

4.5 Absorção de nutrientes pelo feijoeiro

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados nas plantas, principalmente na parte colhida, é importante para se avaliar a remoção dos nutrientes da área de cultivo e, tendo se tornado um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes minerais na matéria seca. Porém, existem grandes diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas por uma cultura, além de depender da produtividade. Por outro lado, a absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se

no florescimento, na formação e no crescimento dos frutos ou do órgão que será colhido. Por isso, além da quantidade absorvida de nutrientes, deve ser considerada, também, a sua concentração nos diferentes estádios de desenvolvimento (HAAG et al., 1981; VITTI et al., 1994; MALAVOLTA et al., 1997, FAGERIA, 1997).

A utilização de curvas de acúmulo de nutrientes como parâmetro para a recomendação de adubação é uma boa indicação da necessidade de nutrientes em cada etapa do desenvolvimento da planta. Tais curvas podem indicar as quantidades de nutrientes absorvidas para se atingir uma certa massa de material seco e auxiliar, assim, no estabelecimento de um programa de fertilização do solo para a cultura (COELHO & TELLA, 1967; ROBERTS & DOLE, 1985; FAGERIA, 1989; VILLAS BOAS et al., 2001).

As curvas de crescimento e de absorção de nutrientes pelas plantas, em virtude de sua idade, fornecem informações de grande importância, podendo-se ter idéia da quantidade de nutrientes absorvidos e da intensidade relativa de absorção durante o ciclo da cultura. Pelo exame dessas curvas, pode-se evidenciar em quais períodos as plantas absorvem em maior proporção, os nutrientes essenciais, dando informações básicas sobre as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes (HAAG et al., 1967).

Gallo & Miyasaka (1961) relatam que o conhecimento da variação na composição química da planta, durante o seu ciclo vegetativo, constitui característica de grande valor para o esclarecimento dos problemas básicos de nutrição e adubação. Para isso, determinaram as concentrações de macronutrientes nas diversas partes da planta, em várias fases do ciclo da cultura para o cv. Chumbinho Opaco, e apontaram que as porcentagens dos elementos nas raízes, hastes, folhas e frutos, com exceção do cálcio, decresceram no período de florescimento e início da formação dos frutos, tendo crescido nos estádios finais do ciclo. Os frutos apresentaram maior teor de nitrogênio e fósforo, e teores mais baixos de cálcio, magnésio e enxofre que as demais partes da planta. Potássio, cálcio e magnésio figuravam em concentrações mais elevadas nas folhas. O acúmulo de nutrientes foi mais intenso no período do florescimento e início da formação das vagens, isto é, do 33º ao 44º dia; em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ da ordem de 2,46 kg para nitrogênio, 2,17 kg para potássio, 1,27 kg para cálcio, 0,53 kg para magnésio, 0,27 kg para fósforo e 0,26 kg para enxofre, nas plantas adubadas. Apresentaram ainda a percentagem de nutrientes exportada pela cultura em relação à quantidade absorvida: nitrogênio 66%; fósforo 67%; enxofre 44%; potássio 33%; magnésio 27% e cálcio 11%.

Cobra Netto (1967) apontou para o fato de no cv. Roxinho, serem o nitrogênio e o potássio os elementos absorvidos em maiores quantidades, seguidos pelo cálcio, enxofre, magnésio e fósforo. As folhas apresentaram teores mais elevados de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio. Até o 46º dia o teor de enxofre nos caules foi mais elevado tendo sido observados, a partir dessa data, as maiores concentrações nas raízes. Com o desenvolvimento das plantas, os teores de nitrogênio, fósforo e potássio tenderam a decrescer nos órgãos vegetativos, enquanto o teor de cálcio nas folhas tendeu a aumentar nas últimas fases do ciclo. Nas vagens, o teor de potássio, cálcio e magnésio decresceu com a maturação das plantas, fato inverso ao ocorrido com o enxofre. O nitrogênio e o fósforo apresentaram teores mais elevados quando os frutos eram novos, tendo ocorrido certa diminuição na fase intermediária. Nas últimas fases, os teores desses dois nutrientes cresceram. Nos órgãos vegetativos observou-se tendência de aumento das quantidades absorvidas até o 56º dia para o nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre e magnésio. Nas vagens, houve um crescimento constante da quantidade de macronutrientes. Considerando produção de 1 t ha⁻¹, são apontadas as seguintes quantidades de nutrientes absorvidos em kg ha⁻¹: nitrogênio 101,6; potássio 92,6; cálcio 54,1; enxofre 25,4; magnésio 17,7 e fósforo 9,1, sendo exportados na mesma unidade 37,2 kg de nitrogênio, 22,0 kg de potássio, 9,5 kg de enxofre, 4,4 kg de cálcio, 4,4 kg de magnésio e 3,6 kg de fósforo.

Haag et al. (1967) determinaram, no feijoeiro ‘Chumbinho Opaco’, uma absorção de 201,2 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 17,5 kg ha⁻¹ de fósforo, 200,7 kg ha⁻¹ de potássio, 116 kg ha⁻¹ de cálcio, 36 kg ha⁻¹ de magnésio e 36 kg ha⁻¹ de enxofre. Nessas condições, uma produção de 500 kg ha⁻¹ de grãos exportaria 14,3 kg de nitrogênio, 1,1 kg de fósforo, 10,2 kg de potássio, 18 kg de cálcio, 1,0 kg de magnésio e 2,2 kg de enxofre. Observaram ainda que o máximo de crescimento foi atingido quando as plantas completaram 50 dias de idade, período em que o nitrogênio, potássio e cálcio necessários foram absorvidos. O enxofre foi absorvido até o 60º dia e o magnésio até o 70º, tendo sido o fósforo absorvido até o final do ciclo (80 dias). Determinaram os autores também, que as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio na época do florescimento são mais elevadas, decrescendo com o desenvolvimento da planta, o que sugere translocação deste elemento para vagens e grãos, diferentemente do que ocorre com o cálcio, cuja concentração aumenta nas folhas. Os teores

de enxofre e magnésio determinados apresentaram pequena variação no decorrer do ciclo vegetativo do feijoeiro.

Os nutrientes exigidos em maior quantidade pelo feijoeiro são o nitrogênio, seguido pelo potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo. Contudo, quando se considera apenas o grão, os nutrientes mais exigidos são o nitrogênio e o fósforo, seguidos pelo enxofre, potássio, magnésio e cálcio (ARF, 1994).

Moraes (1988) relata que a pronta disponibilidade de nutrientes, logo após a germinação, é essencial para o estabelecimento adequado da cultura. Segundo Cobra Netto (1967), qualquer limitação ao crescimento das plantas logo após a germinação, compromete o seu desempenho.

Cobra Netto et al. (1971) apontaram como deficientes os seguintes teores nas folhas do feijoeiro cv. Roxinho: nitrogênio $15,4 \text{ g kg}^{-1}$, fósforo $1,3 \text{ g kg}^{-1}$, potássio $9,3 \text{ g kg}^{-1}$, cálcio $4,2 \text{ g kg}^{-1}$, magnésio, 48 g kg^{-1} e enxofre $7,0 \text{ g kg}^{-1}$.

Já, segundo Ambrosano et al. (1997), teores adequados de N nas folhas estariam entre $30 \text{ e } 50 \text{ g kg}^{-1}$, de P entre $2,5 \text{ a } 4,0 \text{ g kg}^{-1}$, de K entre $20 \text{ a } 24 \text{ g kg}^{-1}$, de Ca entre $10 \text{ a } 25 \text{ g kg}^{-1}$, de Mg entre $2,5 \text{ e } 5,0 \text{ g kg}^{-1}$, de S entre $2,0 \text{ e } 3,0$, de Cu entre $4 \text{ e } 20 \text{ mg kg}^{-1}$, de Fe entre $40 \text{ e } 140 \text{ mg kg}^{-1}$, de Mn entre $15 \text{ e } 100 \text{ mg kg}^{-1}$ e Zn entre $18 \text{ e } 50 \text{ mg kg}^{-1}$.

Mafra (1974) observou que a época de plantio influenciou a concentração dos nutrientes nas diferentes partes da planta para o cv. Rico 23. De maneira geral, na época “da seca”, foram encontrados menores teores de fósforo e potássio e maiores de nitrogênio, cálcio e magnésio em relação à época “das águas”. Nas duas épocas, o aumento da densidade de plantio causou decréscimo no teor de cálcio nas folhas. A extração de nutrientes pelos grãos no período “das águas”, para uma população de 250.000 plantas por hectare e produtividade de 1500 kg ha^{-1} , de $50,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, $5,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo, $13,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio, $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de cálcio e $3,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de magnésio e, no período “da seca”, para a mesma densidade de plantio e uma produtividade de 500 kg ha^{-1} foi de $20,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, $1,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo, $7,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio, $2,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de cálcio e 2 kg ha^{-1} de magnésio.

Haag et al. (1971) comentam que cultivares de feijoeiro diferiram nas quantidades acumuladas de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, tendo as partes das plantas (raízes, hastes e folhas) respondido diversamente ao acúmulo desses nutrientes em vários

níveis de fósforo aplicado. Sugerem que cultivares de feijão possuem propriedades genéticas que regulam o modelo de respostas aos nutrientes minerais.

Amaral et al. (1980) apontam, com relação ao comportamento diferencial entre cultivares, que, embora um grupo de cultivares tenha produzido 3,7 vezes mais que outro, as extrações médias de nitrogênio, fósforo e potássio foram apenas 1,5, 1,4 e 1,5 vezes maiores respectivamente, o que demonstra grande diferença na eficiência de conversão entre nutriente extraído e grão produzido. Isto demonstra que, no primeiro grupo para cada quilograma de feijão produzido foram utilizados em média 61 g de N, 8,5 g de P e 50,6 g de K; já no segundo, esta relação foi de 153 g de N, 22,9 g de P e 127 g de K.

Hendrix (1967) apontou que a absorção de fósforo a pH acima de 6,0 segue aproximadamente a concentração de H_2PO_4^- na solução. A pH 4,0 na solução nutritiva a absorção de fósforo foi linearmente proporcional à transpiração. Já no pH 8,7, sua absorção ocorreu somente no início do experimento o que nessas condições, o fósforo foi absorvido como resultado de depressão do pH no local da absorção.

Melton et al. (1970) constataram crescimento reduzido do feijoeiro tanto pela deficiência de zinco (menos que 20 mg kg^{-1} na parte aérea) quanto pela toxidez (acima de 50 ppm). Em solos com pH 7,0, ou acima, e que continham CaCO_3 livre, aplicações de elevadas quantidades de fósforo induziram deficiência de zinco em feijoeiro. Em solos ácidos, a aplicação de zinco geralmente diminuía a produtividade. Entretanto, nestes mesmos tipos de solos, a calagem podia induzir a deficiência de zinco.

Ambler & Brown (1969) demonstraram, em dois cultivares com susceptibilidade à deficiência de zinco, que a absorção de ferro e fósforo era muito maior nas plantas que mostravam sintomas de deficiência de zinco, quando, no substrato, a sua concentração era baixa e, as de ferro e fósforo, relativamente altas. Esta maior absorção acentuava os sintomas de deficiência em uma das variedades.

Boawn et al. (1969) verificaram que o número de dias do plantio à colheita está relacionado ao teor de zinco tanto nas folhas como na parte aérea, no período do pré-florescimento. Apontam que o período ótimo de maturação é associado a 20 mg kg^{-1} ou mais de zinco nesses tecidos. Abaixo desse valor, o número de dias para atingir a maturidade cresce rapidamente, tendo sido observado que, com teor menor que 15 mg kg^{-1} de zinco, ocorreu um aumento superior a 30 dias para as plantas atingirem a maturidade.

Hiroce et al. (1970) apontaram que o teor de fósforo total dos folíolos das plantas de feijoeiro pode ser usado como índice para diagnose na nutrição fosfatada, sendo o teor adequado de $3,3 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo para uma produção correspondente a 80% da máxima. Concluem ainda que a fertilização fosfatada aumentou os teores de fósforo nos folíolos e que a calagem aumentou os teores de cálcio e magnésio. Ambos fatores aumentaram a produtividade de grãos.

Oliveira & Thung (1988) apontaram que as análises realizadas em tecidos de plantas desenvolvidas em casa de vegetação apresentaram maiores quantidades absorvidas que os tecidos de plantas desenvolvidas em campo, comparando os dados de Cobra Netto (1967) e Haag et al. (1967). Consideram esses autores que tal situação é reflexo do maior contato entre as raízes das plantas e os íons presentes nos vasos. Ainda consideram que variações observadas na absorção de nutrientes por diversos autores são decorrência das diversas condições em que se desenvolveram as plantas, além dos diferentes cultivares envolvidos.

Bulisani (1994) avaliou o crescimento e a absorção de nutrientes de cinco cultivares de feijoeiro em condições de casa de vegetação e observou que, de modo geral, as raízes reduziram seu crescimento antes que as demais partes, sendo seguidas pelas hastes e posteriormente pelas folhas. As hastes atuaram, logo após o florescimento, como armazenadoras de fotossintetizados. Os grãos mostraram um intenso acúmulo de matéria seca nos últimos vinte dias do ciclo. Nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo foi a ordem de grandeza decrescente de acúmulo de nutrientes, sendo a matéria seca produzida a grande determinante da quantidade de nutrientes absorvida. Dentre os cultivares, o Goiano Precoce foi o que apresentou os mais baixos índices entre quantidade exportada e quantidade absorvida, mostrando baixa eficiência de translocação tanto de matéria seca quanto de nutrientes.

Fageria (1989), ao estudar o efeito do fósforo no crescimento e acumulação de nutrientes em três cultivares de feijão com nove doses crescentes de fósforo, observou que, fora algumas exceções, a fertilização incrementou a concentração total de nutrientes.

Fageria (1997) abordou o comportamento do feijoeiro comum e do caupi, apresentando características de clima e solo, crescimento e desenvolvimento,

componentes da produção e produtividade, fixação biológica de nitrogênio e estudos de nutrição mineral. Apresentou ainda os níveis adequados de nutrientes para a cultura, a acumulação de nutrientes durante o ciclo e a concentração de nutrientes nas diferentes partes da planta, inferindo parte considerável de sua obra na absorção de nutrientes em relação à doses de fósforo em vaso.

Kikuti et al. (2005) estudaram a extração de macronutrientes do feijoeiro BRS-MG Talismã quanto a doses de fósforo e nitrogênio. Constatou que tanto as de N como as de P_2O_5 influenciaram nos teores de macronutrientes da parte aérea do feijoeiro. Relata que tais diferenças nos teores não resultaram em expressivas alterações, visto que permaneceram na faixa de teor considerada adequada. A produtividade máxima foi obtida com a dose de $300 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$.

Andrade et al. (2005) estudaram o efeito de doses de nitrogênio e fósforo nos teores de micronutrientes presentes na parte aérea do feijoeiro. Constataram que a aplicação de N e P_2O_5 no feijoeiro BRS-MG Talismã resultou em alterações nos teores de B, Cu, Mn e Zn na parte aérea e que os teores de micronutrientes correspondentes às máximas produtividades se mantêm próximos às faixas consideradas adequadas.

Apesar da importância e do grande número de pesquisas sobre a cultura, as peculiaridades de cada cultivar fazem grande diferença na produtividade. Dentre os poucos estudos sobre a nutrição mineral da cultura, conduzidos a maioria deles foi conduzida em vasos ou com cultivares hoje não mais utilizados. Para cultivares em uso atualmente as pesquisas são quase inexistentes. Bulisani (1987) citou que eram de conhecimento na literatura, somente três trabalhos sobre a absorção de nutrientes pelo feijoeiro durante as fases de desenvolvimento da cultura, sendo necessário que se determinasse o comportamento de novos cultivares, incluindo estudos dos micronutrientes.

O cultivar Carioca Precoce, por ser comercializado pela DSMM/CATI, ter ciclo precoce e possuir bom potencial produtivo, é de grande interesse, por permitir produção antecipada ou mesmo liberar a área de cultivo rapidamente, tornando possível a obtenção de dois rendimentos em uma única safra.

5 MATERIAL E MÉTODOS

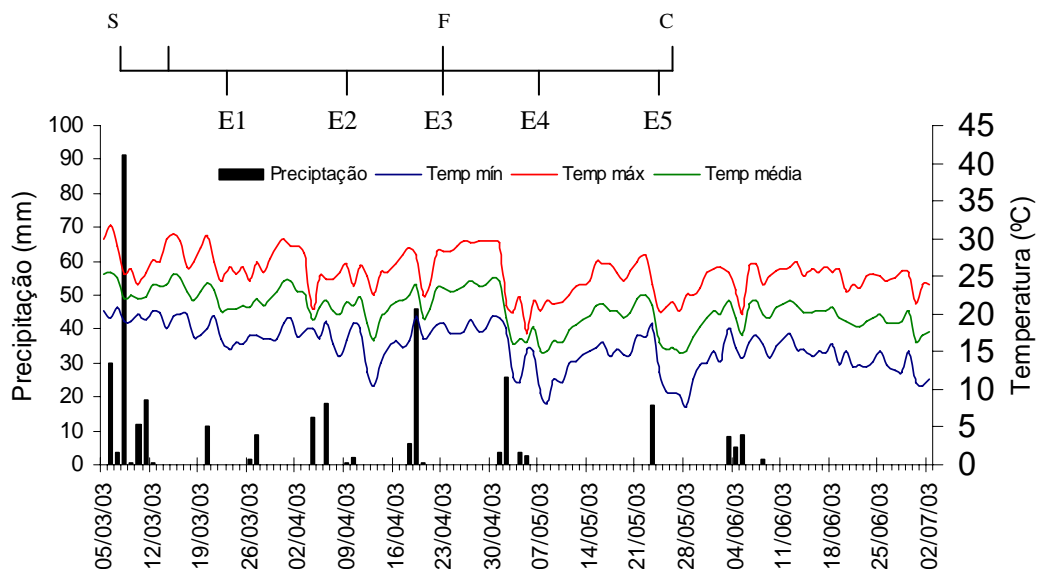
5.1 Localização dos experimentos

O trabalho foi conduzido em condições de campo na área experimental da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP, que se encontra no município de Botucatu e está entre 22° 30' a 23° 05' de latitude S e 48° 15' a 48° 52' a oeste de Greenwich, com altitude de 750 metros e declividade de 8%.

5.2 Clima

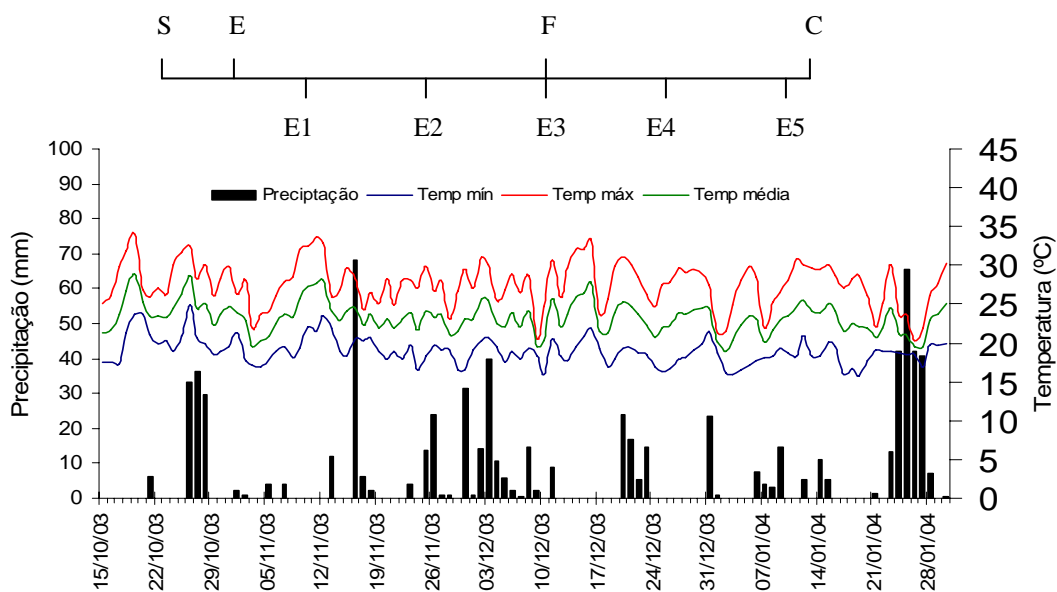
O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico Cwb, ou seja, mesotérmico de inverno seco. A temperatura média de janeiro, mês mais quente do ano, não ultrapassa os 22° C. A estação mais seca vai de maio a setembro e a precipitação pluvial média anual do Município é de 1.314 mm de chuvas, com temperatura média mensal de 19,4° C e umidade relativa do ar de 71%.

Os dados climáticos ocorridos durante a condução dos experimentos no período “da seca” e no período “das águas” encontram-se nas Figuras 1 e 2, respectivamente.



S = semeadura; E = emergência; F = florescimento; C = colheita; E1, E2, E3, E4, E5 = épocas de coleta

Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperaturas, mínima, média e máxima (°C) e estádios fenológicos ocorridos durante o cultivo do feijoeiro cv Carioca Precoce, no período “da seca”, em Botucatu-SP, no ano de 2003.



S = semeadura; E = emergência; F = florescimento; C = colheita; E1, E2, E3, E4, E5 = épocas de coleta

Figura 2. Precipitação pluvial (mm), temperaturas, mínima, média e máxima (°C) e estádios fenológicos ocorridos durante o cultivo do feijoeiro cv Carioca Precoce, no período “das águas”, em Botucatu-SP, no ano de 2003.

5.3 Características do solo

O solo da área experimental foi classificado como Terra Roxa Estruturada por Carvalho et al. (1983), sendo na nova nomenclatura denominado de NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico, textura argilosa (EMBRAPA, 1999). As caracterizações químicas dos solos (Tabelas 2 e 3) foram feitas por meio da análise de amostras compostas coletadas anteriormente a cada experimento numa camada de 0 a 0,20 m. As análises foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado (SP). Época “da seca”, 2003

pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	H+Al ⁺³ -----	K ⁺	Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ -----	SB	CTC	V (%)
5,3	25	5	24	6,6	26	12	45	69	65
B		Cu	Fe -----		Mn	Zn			
0,27		9,4	27		82,8	2,8			

Tabela 3. Resultados da análise química do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado (SP). Época “das águas”, 2003

pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	H+Al ⁺³ -----	K ⁺	Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ -----	SB	CTC	V (%)
4,7	31	6	49	7,7	20	21	48	97	49
B		Cu	Fe -----		Mn	Zn			
0,25		6,6	15		54,8	2,2			

5.4 Calagem, preparo do solo e adubação de semeadura

De posse dos resultados da análise química do solo, foram calculadas as necessidades de calagem, as adubações básicas de semeadura e as de cobertura levando-se em consideração informações encontradas em Ambrosano et al. (1997) para uma produtividade esperada de 2,5 a 3,0 toneladas por hectare.

Nos meses de janeiro e agosto de 2003, aplicou-se calcário dolomítico com P.R.N.T. 90,1%, a fim de elevar a saturação por bases a 70%.

Após a distribuição do calcário pelo terreno preparou-se o solo quando este apresentava condições adequadas de umidade, realizando-se uma aração profunda e a seguir, duas gradagens. As áreas utilizadas para os experimentos estavam em repouso por pelo menos, um ano, havendo predominância de plantas de *Brachiaria brizantha*.

As adubações de semeadura foram feitas manualmente nos sulcos. O nitrogênio, na forma de uréia, e o potássio, na forma de cloreto de potássio, foram distribuídos igualmente em todas as parcelas experimentais. O fósforo, na forma de superfosfato triplo, e após o sorteio das parcelas experimentais, foi distribuído de forma que se constituíssem os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Quantidade de fósforo (kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicada via solo em função dos tratamentos.

Tratamentos	kg ha^{-1} de P_2O_5
1	0
2	30
3	60
4	90
5	120
6	150

5.5 Características do cultivar de feijão

Utilizou-se o cultivar Carioca Precoce, do grupo comercial carioca, comercializado pelo Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes (DSMM), pertencente à

Coordenação de Assistência Técnica Integral (CATI). Cultivar precoce, apresenta ciclo curto (65-80 dias), hábito de crescimento determinado, altura média de 43cm, porte prostrado, folhas verde-claras, flores brancas, vagens de cor creme ou palha e sementes de tamanho médio, com potencial produtivo de 2500 a 3000 kg ha⁻¹ (CATI, 2001).

5.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos, no caso, doses de fósforo, com cinco repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 6 linhas de 10 metros de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,50 metro. A área útil de cada parcela experimental foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,40 metro de cada extremidade, tendo sido duas delas utilizadas para a coleta de plantas durante a condução do experimento, e as restantes, para avaliação dos componentes da produção, totalizando 18 m² de área útil.

5.7 Tratamento de sementes e semeadura

As sementes foram tratadas com o fungicida Carboxin + Thiran, na dose de 50ml do ingrediente ativo por 100 kg de sementes.

As semeaduras foram realizadas manualmente com vinte sementes por metro, nos dias 06 de março de 2003 para a época “da seca” e, em 23 de outubro de 2003, para a época “das águas”, para se obter após desbaste, densidade de aproximadamente 240.000 plantas ha⁻¹.

5.8 Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas foram controladas mediante aplicação do herbicida trifluralin em pré-plantio incorporado, na dose de 0,8 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo e, posteriormente, por meio da aplicação de herbicida em pós-emergência inicial das plantas daninhas, sendo utilizada a formulação fluazifop-p-butyl + fomezafen na dose de 200 + 250g

ha⁻¹ do ingrediente ativo. Plantas daninhas não controladas pelas aplicações dos herbicidas foram erradicadas por capina manual.

5.9 Controle fitossanitário

O controle das pragas foi feito pelo monitoramento da cultura e, quando necessário, utilizou-se pulverizador tratorizado para as aplicações de produtos recomendados para a cultura. Já para o controle de doenças, efetuou-se de forma preventiva e curativa a cada 15 dias, em média, a partir dos 20 dias após emergência (DAE).

5.10 Adubações de cobertura

As adubações de cobertura foram realizadas aos 15 e 30 DAE para os dois experimentos, sendo a primeira delas com sulfato de amônio, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, a fim de nutrir a planta com o nutriente enxofre, conforme recomendado para a cultura, já que se utilizou superfosfato triplo como fonte de fósforo, o qual não contém S. Na segunda adubação de cobertura, utilizou-se uréia na dose de 40 kg ha⁻¹ de N.

5.11 Irrigação

Um sistema de irrigação por aspersão, do tipo convencional foi utilizado para suplementar as necessidades de água da cultura, sempre que necessário, atendendo ao sistema solo-planta, principalmente nas fases de emergência das plântulas, de florescimento pleno e de enchimento de grãos.

5.12 Coleta de plantas e preparo do material para análise

As coletas foram realizadas quinzenalmente, a partir de 10 DAE, na parte da manhã, para que as plantas não perdessem a turgidez até o momento da separação dos diferentes órgãos no laboratório. As amostragens iniciaram aos dez dias após a emergência das plantas (DAE) e seguiram por todo o ciclo da cultura. As observações cronológicas da

fenologia são apresentadas nas Tabelas 5 e 6. Inicialmente coletaram-se 10 plântulas para que a massa fosse suficiente para as análises; Conforme foram crescendo, diminuiu-se o número de plantas coletadas até que se chegasse a duas plantas representativas por parcela. Critérios foram estabelecidos para a realização das coletas, entre eles: que fossem padronizadas com o restante da parcela; que não estivessem isoladas; que estivessem entre plantas competitivas; aparentemente bem nutridas e com bom aspecto visual.

No laboratório, elas foram divididas em partes (caule, folhas, valvas - vagens sem os grãos- e grãos), colocadas em sacos de papel perfurados e postas a secar em estufa, com circulação forçada de ar e temperatura variando de 65°C a 70°C, até massa constante.

As determinações de massa de matéria seca das partes das plantas de cada parcela foram feitas em balança de precisão de 0,01g.

Após seco e determinada a massa, o material foi moído em moinho de aço inoxidável tipo Wiley, passando as amostras em peneiras de 20 mesh (1mm²), sendo essas identificadas e acondicionadas em sacos de papel.

Tabela 5. Observações cronológicas de fenologia durante o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca Precoce semeado no período “da seca”

Data	Ordem da amostragem	Idade das plantas (dias)	Fenologia
06/03/2003	-	-	Semeadura
13/03/2003	-	-	Emergência das plântulas (V1)
23/03/2003	1 ^a	10	Folhas Primárias (V2)
07/04/2003	2 ^a	25	Uma a três folhas trifoliadas (V3/V4)
22/04/2003	3 ^a	40	Florescimento (R5)
07/05/2003	4 ^a	55	Formação de vagens (R7)
22/05/2003	5 ^a	70	Enchimento de vagens/maturação (R8/R9)
28/05/2003	-	76	Maturação/Colheita (R9)

Tabela 6. Observações cronológicas da fenologia durante o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca Precoce semeado no período “das águas”

Data	Ordem da amostragem	Idade das plantas (dias)	Fenologia
23/10/2003	-	-	Semeadura
31/10/2003	-	-	Emergência das plântulas (V1)
10/11/2003	1 ^a	10	Folhas Primárias (V2)
25/11/2003	2 ^a	25	Uma a três folhas trifoliadas (V3/V4)
10/12/2003	3 ^a	40	Florescimento (R5)
25/12/2003	4 ^a	55	Formação de vagens (R7)
09/01/2004	5 ^a	70	Enchimento de vagens/maturação (R8/R9)
13/01/2004	-	74	Maturação/Colheita (R9)

5.13 Características fitométricas, componentes da produção e produtividade

Durante a condução da cultura e após a colheita, foram avaliadas as características fitométricas, os componentes da produção e a produtividade, conforme metodologia descrita a seguir:

5.13.1 Florescimento pleno

Determinado pelo tempo, em dias, compreendido entre a emergência de plântulas e a presença de pelo menos uma flor aberta em 50% das plantas (estádio R6), na área útil de cada parcela experimental.

5.13.2 Ciclo

Foi determinado pelo tempo, em dias, compreendido entre a emergência de plântulas e a quase total ausência de folhas nas plantas, vagens secas e de coloração palha (estádio R9), na área útil de cada parcela experimental.

5.13.3 Altura da inserção da primeira vagem

Foi determinada no final do ciclo da cultura, avaliando-se dez plantas ao acaso, nas duas linhas centrais da área útil de cada parcela experimental, medindo-se o comprimento em centímetros, da base da planta rente ao solo até a inserção da primeira vagem.

5.13.4 Comprimento das vagens

Duas vagens localizadas no terço inferior de cada planta foram retiradas de cada uma das dez plantas coletadas da parcela útil para se medir o comprimento em centímetros.

5.13.5 Número de vagens por planta

Foi determinado no estágio R9 pela relação entre o número total de vagens e o número total de plantas coletadas.

5.13.6 Número de grãos por vagem

Foi calculado pela relação entre o número total de grãos e o número total de vagens das plantas coletadas no estágio R9.

5.13.7 Massa de 100 grãos

Foi determinado, em balança de precisão (0,01g), avaliando-se quatro repetições de cem grãos, coletados ao acaso, por parcela experimental no estágio R9, com seus resultados expressos em gramas e corrigidos para 13% de umidade.

5.13.8 Teor de água

Determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h (BRASIL, 1992), empregando duas subamostras por parcela experimental.

5.13.9 Produtividade de grãos

Obtido pela determinação da massa dos grãos colhidos nas duas linhas centrais da área útil de cada parcela experimental, sendo os dados obtidos transformados em kg ha^{-1} a 13% de umidade.

5.14. Determinações Analíticas

As análises químicas para a determinação dos teores de nutrientes presentes em cada órgão da planta foram feitas pela digestão sulfúrica (Nitrogênio) e nítrico-perclórica (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco) segundo Malavolta et al. (1997).

O nitrogênio foi quantificado pelo método semimicro Kjeldahl; o fósforo por colorimetria do metavanadato; potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica e enxofre por turbidimetria de cloreto de bário (MALAVOLTA et al., 1997).

O resultado das análises forneceu as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg^{-1} e de cobre, ferro, manganês e zinco em mg kg^{-1} . Para se determinar a quantidade total de nutrientes acumulados em cada parte da planta, multiplicou-se a concentração de cada nutriente pela massa de material seco do referido órgão.

5.15. Análise estatística

A análise estatística dos parâmetros avaliados nas determinações analíticas foi realizada considerando-se doses de fósforo com as épocas de coleta e, para as características fitométricas, componentes da produção e produtividade, utilizaram-se apenas as doses de fósforo, com cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se do teste F e, quando significativas, comparadas pelo teste de Regressão a 5% de probabilidade, quando significativas. As causas de variação da análise de variância são apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Causas da variação e graus de liberdade para as determinações analíticas

Causas da variação	G.L.
Blocos	4
Doses (A)	5
Erro (a)	20
Época (B)	4
Erro (c) (B*Blocos)	16
A x B	20
Erro (b)	80
Total	149

Tabela 8. Causas da variação e graus de liberdade para as características fitométricas, componentes da produção e produtividade

Causas da variação	G.L.
Fósforo (F)	5
Blocos	4
Resíduo	20
Total	29

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Período “da seca”

6.1.1 Aspectos climáticos durante o experimento

No Brasil, o feijoeiro é cultivado em diferentes épocas e sistemas de cultivo. No período “da seca”, pela diminuição da intensidade e periodicidade das chuvas, geralmente ocorrem diminuições no desenvolvimento das plantas, reduzindo a produtividade. Nesse contexto, a caracterização climática de uma região permite definir os períodos mais favoráveis para um cultivar expressar plenamente seu potencial genético (MEIRELES et al., 2000). Durante a fase de desenvolvimento da cultura, no período “da seca” do presente experimento, observaram-se chuvas intensas logo após a semeadura (Figura 1), o que favoreceu o desenvolvimento inicial das plântulas. Após a emergência, chuvas ocorreram em praticamente todas as semanas e com intensidade moderada (20 – 30 mm), durante todo o período em que a cultura se desenvolveu, permitindo desenvolvimento sem escassez até a colheita. As temperaturas na fase vegetativa apresentaram-se maiores do que as da fase reprodutiva, favorecendo o desenvolvimento inicial, importante na obtenção de plantas vigorosas. Após o pleno estabelecimento da cultura, temperaturas mais amenas favoreceram a manutenção das flores e o pegamento de vagens.

6.1.2 Acúmulo de massa de material seco

Para a determinação da curva de acúmulo de massa de material seco, foram definidas cinco épocas de amostragem, quando se coletaram plantas quinzenalmente. Acréscimos mais lentos foram observados no início de desenvolvimento e mais acentuados próximos ao final do período amostrado. As doses de 0, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram significância P<0,05 e as doses 30, 60 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram P<0,01 (Figura 3).

Observou-se que houve aumento da massa de matéria seca da planta durante todo o ciclo, independente das doses de P. Os acúmulos máximos de massa de matéria seca na parte aérea ocorreram no período de maturação para todas as doses de fósforo aplicadas e apresentaram efeitos semelhantes, com exceção feita para as plantas nutridas com 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que apresentaram acúmulo superior e se destacaram em relação às demais doses.

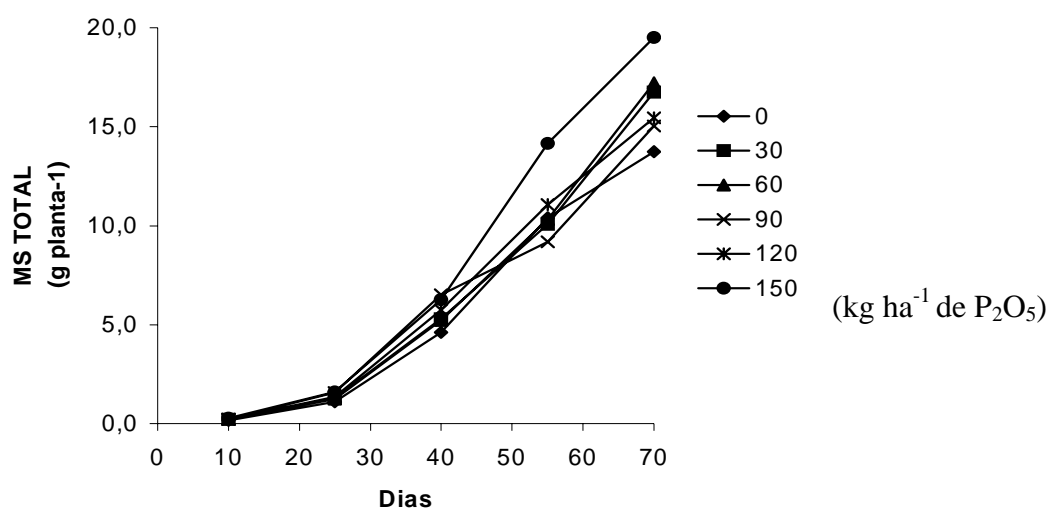


Figura 3. Massa de material seco acumulado na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, durante o ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo no período da “seca” em Botucatu – SP, no ano de 2003.

O período mais ativo de acúmulo de massa de matéria seca foi do florescimento ao final do ciclo. Da emergência das plantas até o início de florescimento não se observaram diferenças entre as doses de P, evidenciando que o período de mais intenso acúmulo ocorreu após o florescimento, quando as plantas já estavam bem desenvolvidas e tinham capacidade de extrair maiores quantidades de nutrientes do solo, concordando com Gallo & Miyasaka, (1961), Haag et al. (1967), Cobra Netto et al. (1967) e Demattê et al. (1974).

No ponto de maior acúmulo de matéria seca (70 DAE), os grãos corresponderam a 44%, 44%, 43%, 45%, 41% e 42% da matéria seca total respectivamente para as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. No florescimento (40 DAE), o acúmulo de matéria seca correspondeu a 34%, 36%, 35%, 32%, 34% e 37% da matéria seca total obtida, respectivamente.

6.1.3 Acúmulo de nutrientes

6.1.3.1 Acúmulo total de nutrientes nas folhas

Os dados referentes aos nutrientes presentes nas folhas para o período “da seca” são apresentados na Tabela 9.

Observa-se que a análise de variância não revelou significância em relação às doses de P, nas folhas, para nenhum dos nutrientes estudados.

Para a interação entre doses de fósforo e épocas de avaliação, apenas N, K e Cu foram significativos com P<0,05, P<0,01 e P<0,01, respectivamente.

O desdobramento de doses de P dentro de épocas para o nitrogênio (Figura 4) apresentou modelo quadrático para todas as doses de P aplicadas, elevando-se até os 55, 54, 55, 54, 52 e 57 DAE, respectivamente para 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e diminuindo o acúmulo após esse período. As equações de regressão são apresentadas na Tabela 10.

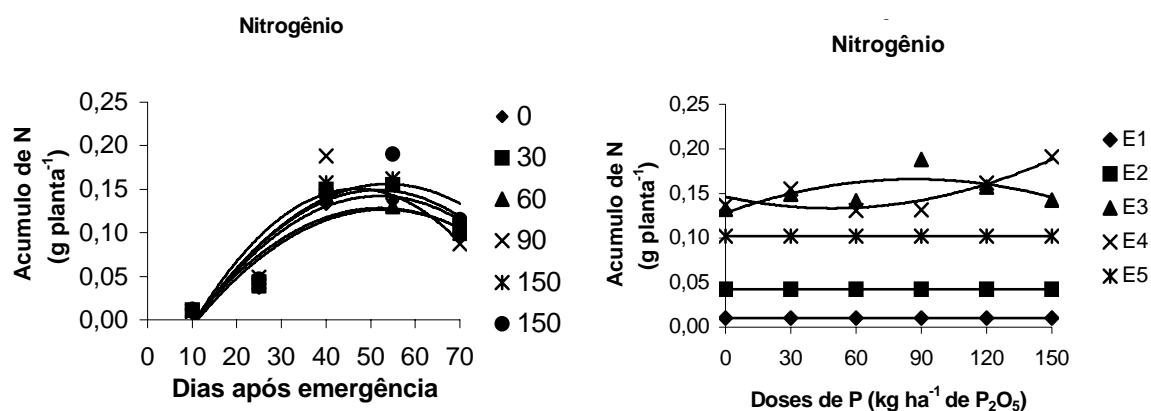


Figura 4. Desdobramento da interação doses de fósforo por épocas de avaliação para o nitrogênio nas folhas do feijoeiro cv Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 9. Quantidade acumulada de nutrientes nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “da seca” , Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0819	0,0039	0,0586	0,0993	0,0159	0,0032	0,1020	3,4989	0,4444	0,2439
30	0,0924	0,0041	0,0618	0,1168	0,0178	0,0031	0,1478	3,5456	0,4613	0,2833
60	0,0846	0,0040	0,0553	0,1073	0,0184	0,0030	0,1013	3,1897	0,4993	0,2472
90	0,0932	0,0040	0,0625	0,1173	0,0182	0,0033	0,1230	3,9098	0,4700	0,2790
120	0,0962	0,0037	0,0635	0,1231	0,0197	0,0036	0,1280	3,9841	0,5070	0,2991
150	0,1017	0,0045	0,0657	0,1488	0,0234	0,0035	0,1388	4,1564	0,5985	0,3107
Época (dias)										
10	0,0103	0,0005	0,0074	0,0060	0,0021	0,0004	0,0148	0,4911	0,0380	0,0427
25	0,0427	0,0023	0,0308	0,0248	0,0086	0,0015	0,0614	2,0497	0,1554	0,1763
40	0,1522	0,0067	0,1090	0,1254	0,0287	0,0056	0,1787	5,4684	0,5317	0,5912
55	0,1512	0,0070	0,0867	0,1760	0,0286	0,0050	0,1877	7,5258	0,8277	0,3019
70	0,1020	0,0037	0,0723	0,2617	0,0265	0,0039	0,1749	3,0354	0,9310	0,2740
F para:										
Trat. (T)	1,148 ^{ns}	0,527 ^{ns}	0,464 ^{ns}	1,741 ^{ns}	2,331 ^{ns}	0,624 ^{ns}	2,661 ^{ns}	0,920 ^{ns}	1,616 ^{ns}	1,173 ^{ns}
Época (E)	263,093**	234,683**	308,302**	610,236**	370,710**	104,760**	49,419**	141,213**	606,596**	207,913**
T x E	1,805*	1,084 ^{ns}	0,990**	1,203 ^{ns}	1,237 ^{ns}	1,063 ^{ns}	2,739**	1,032 ^{ns}	1,287 ^{ns}	1,413 ^{ns}
C.V. Trat (%)	37,34	44,65	44,23	54,08	43,71	42,37	47,13	50,85	43,62	45,01
C.V. Época (%)	23,53	24,81	21,13	19,87	18,99	37,02	50,37	34,67	17,72	27,78
C.V. TxE (%)	25,45	30,64	29,16	38,23	30,60	34,77	44,79	38,11	33,55	31,43

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo

Para o desdobramento de épocas dentro de doses apresentaram diferenças somente para E4 e E5, ambos com efeito quadrático. Em E4, observou-se pequena diminuição no acúmulo e aumento deste na fase de enchimento de grãos. Já para E5 houve efeito contrario, aumentando o acúmulo até certa fase do ciclo, com posterior diminuição.

Tabela 10. Regressões polinomiais das quantidades de nitrogênio acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0103	-
E2 = 0,0427	-
E3 = 0,1322	-
E4 = 5E-06x ² - 0,0005x + 0,1464	0,77
E5 = -5E-06x ² + 0,0009x + 0,1282	0,51

P d E ²	R ²
D0 = -7E-05x ² + 0,0077x - 0,0766	0,87
D30 = -8E-05x ² + 0,0087x - 0,0842	0,85
D60 = -7E-05x ² + 0,0077x - 0,0709	0,84
D90 = -0,0001x ² + 0,0108x - 0,1029	0,77
D120 = -9E-05x ² + 0,0093x - 0,092	0,85
D150 = -8E-05x ² + 0,0091x - 0,0894	0,83

Para o desdobramento de doses de fósforo dentro de épocas para o potássio (Figura 5 e Tabela 11), observou-se aumento do nutriente até a fase de florescimento

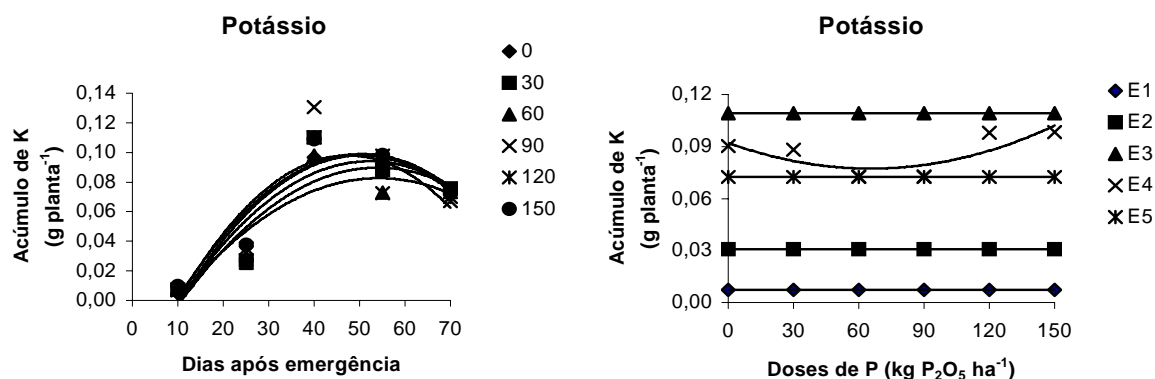


Figura 5. Desdobramento da interação doses de fósforo por épocas de avaliação para o potássio nas folhas do feijoeiro cv Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

para todas as doses, diminuindo posteriormente até o final do ciclo. Entre as épocas, apenas E4 apresentou efeito, com diminuição no acúmulo até a dose de 83 kg ha⁻¹ P₂O₅ e elevando-se posteriormente nas doses mais altas.

Tabela 11. Regressões polinomiais das quantidades de potássio acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0074	-
E2 = 0,0308	-
E3 = 0,1090	-
E4 = 3E-06x ² - 0,0005x + 0,0922	0,65
E5 = 0,0723	-

P d E ²	R ²
D0 = -5E-05x ² + 0,0052x - 0,0507	0,87
D30 = -5E-05x ² + 0,0056x - 0,0528	0,90
D60 = -4E-05x ² + 0,0045x - 0,0403	0,79
D90 = -7E-05x ² + 0,0067x - 0,06	0,67
D120 = -6E-05x ² + 0,0063x - 0,0593	0,85
D150 = -6E-05x ² + 0,006x - 0,0525	0,87

O desdobramento do acúmulo de cobre revelou que apenas as épocas 3 e 4 (E3 e E4) apresentaram diferenças significativas dentro das doses de P e se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, com significância P<0,01 (Figura 6 e Tabela 12).

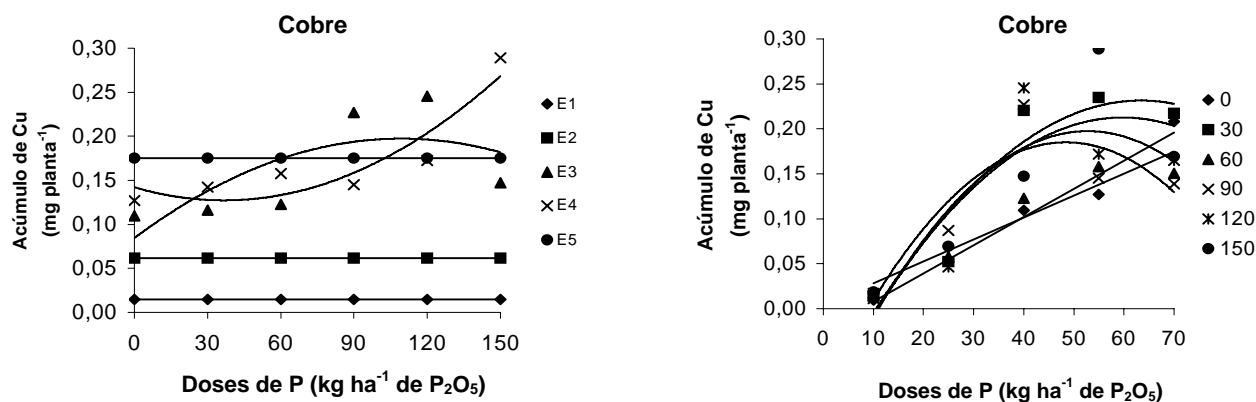


Figura 6. Interação doses de fósforo por épocas de avaliação para o cobre, nas folhas, do feijoeiro cv Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Na E3 (40 DAE), observou-se elevação no acúmulo de Cu até a dose de 117 kg ha⁻¹, diminuindo posteriormente, quando se aplicou dose mais alta de fósforo. Para a E4 (55 DAE), observa-se aumento no acúmulo de Cu conforme aumentaram as doses de fósforo. O acúmulo máximo de cobre nas folhas foi observado na dose mais alta aplicada, sendo de 0,289 mg planta⁻¹ (63,0 g ha⁻¹).

Tabela 12. Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0148	-
E2 = 0,0614	-
E3 = -0,000009x ² + 0,0021x + 0,0845	0,52
E4 = 0,00001x ² - 0,0008x + 0,1421	0,85
E5 = 0,175	-
P d E ²	
D0 = 0,0031x - 0,0233	0,97
D30 = -0,00008x ² + 0,0106x - 0,1058	0,89
D60 = 0,0024x + 0,0036	0,89
D90 = -0,0001x ² + 0,0115x - 0,094	0,79
D120 = -0,0001x ² + 0,012x - 0,1178	0,75
D150 = -0,00009x ² + 0,0105x - 0,1011	0,76

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas;

Já para a interação entre doses de P dentro de época, ajustaram-se ao modelo linear de regressão as doses de 0 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e, ao modelo quadrático de regressão as demais doses, com significância P<0,01 (Figura 6).

Observa-se que as doses de 0 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram tendência de aumento contínuo no acúmulo de cobre, durante toda a condução da cultura. Os acúmulos máximos, nesse caso, ocorreram na última avaliação e foram de 0,208 mg planta⁻¹ (45,3 g ha⁻¹) e 0,158 mg planta⁻¹ (34,4 g ha⁻¹). Os acúmulos máximos de cobre nas folhas, para as doses de 30, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que seguiram modelo quadrático, ocorreram aos 66,3, 57,5, 60 e 58,3 DAE e foram de 0,245 mg planta⁻¹ (53,4 g ha⁻¹), 0,237 mg planta⁻¹ (51,6 g ha⁻¹), 0,242 mg planta⁻¹ (52,7 g ha⁻¹) e 0,205 mg planta⁻¹ (44,7 g ha⁻¹), respectivamente.

Em relação somente às épocas de avaliação, a análise de variância indicou diferenças significativas para todos os nutrientes estudados, exceto para o cobre que apresentou interação (Figuras 7 e 8).

Os nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, ferro, manganês e zinco mantiveram as mesmas tendências, aumentando o acúmulo nas folhas até o início de formação de vagens, quando ocorreram as máximas extrações e, reduzindo o acúmulo após esse período, provavelmente pela translocação desses nutrientes para os grãos. Já em relação ao cálcio, o acúmulo ajustou-se de maneira diferente, indicando acréscimos durante todas as épocas de avaliação. Nas folhas, todos os nutrientes avaliados ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, com significância $P < 0,01$.

O momento de máximo acúmulo para o nitrogênio foi aos 49 dias e de $0,134 \text{ g planta}^{-1}$ ($29,2 \text{ kg ha}^{-1}$). Cobra Netto et al. (1971) observaram valor de $30,9 \text{ kg de N ha}^{-1}$ aos 46 dias para a variedade Roxinho, apresentando resultados semelhantes aos do presente trabalho. Primavesi et al. (1985), em estudos de absorção de nutrientes e compactação encontraram valores entre $0,094$ e $0,107 \text{ g planta}^{-1}$ para o cultivar Rico Pardo e entre $0,101$ e $0,129$ para o Aroana, em Latossolo Roxo, também concordando com o presente trabalho.

Acréscimos no acúmulo de fósforo nas folhas foram observados até os 40 DAE, onde se verificou o acúmulo máximo de $0,0069 \text{ g planta}^{-1}$ ($1,5 \text{ kg ha}^{-1}$). Comparando-se os períodos de amostragem, Cobra Netto et al. (1971) obtiveram $1,77 \text{ kg ha}^{-1}$, valores bastante semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Pessoa et al. (1996) estudando níveis de irrigação, encontraram valores nas folhas, no período de florescimento pleno, entre $1,7$ e $4,2 \text{ kg de fósforo ha}^{-1}$, resultado superior ao obtido neste trabalho, assim como observados por Haag et al. (1967), que encontraram $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ de P contra $1,76 \text{ g kg}^{-1}$ aos 40 DAE do presente trabalho. Fageria (1997) relata que níveis entre 4 e 6 g kg^{-1} , no início do florescimento, são considerados concentrações adequadas para o feijoeiro, valores superiores aos encontrados. O acúmulo máximo de potássio na época “da seca” foi observado aos 48 DAE, com $0,083 \text{ g planta}^{-1}$ ($18,1 \text{ kg ha}^{-1}$).

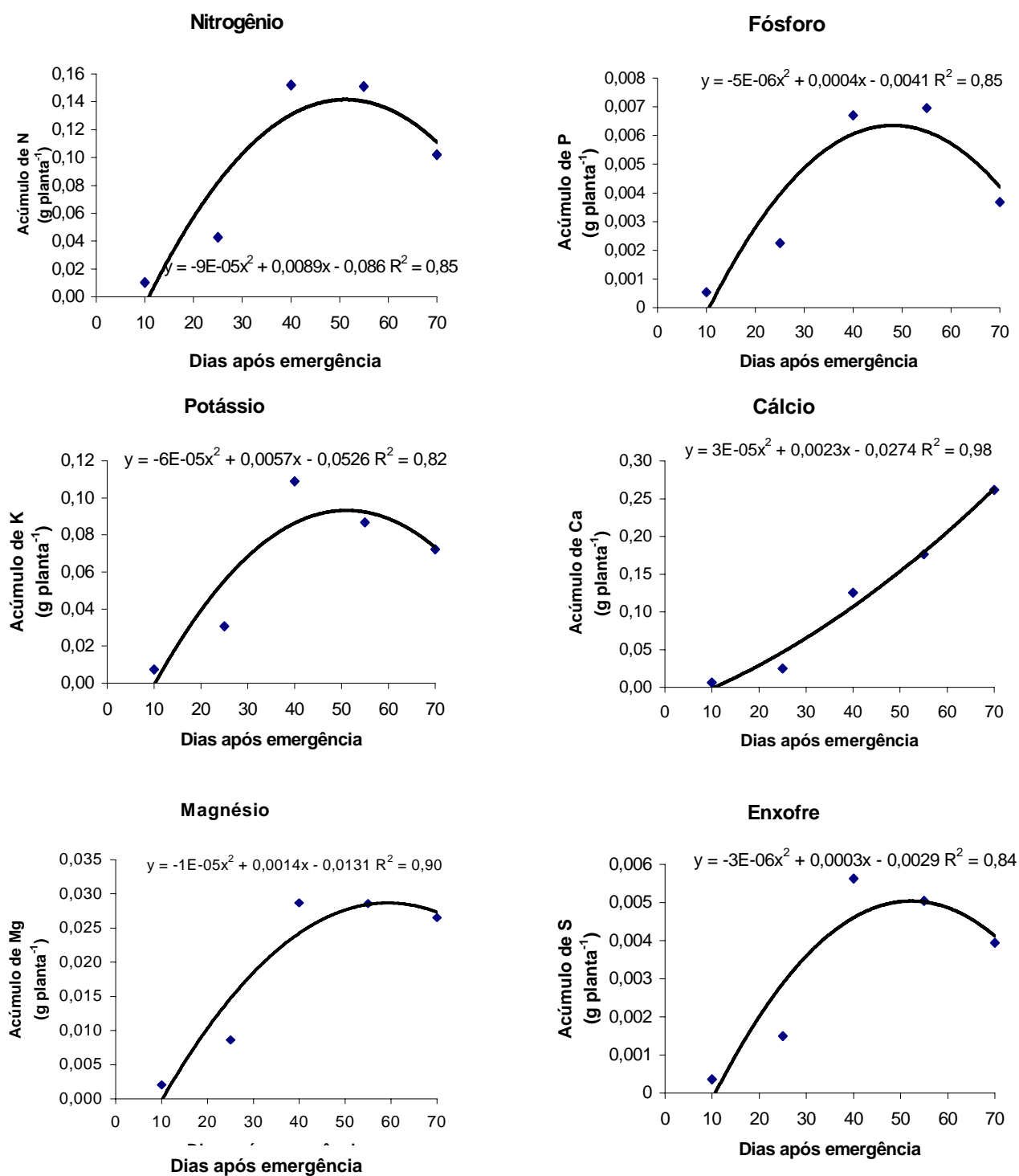


Figura 7. Quantidades de macronutrientes acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce ao longo do ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

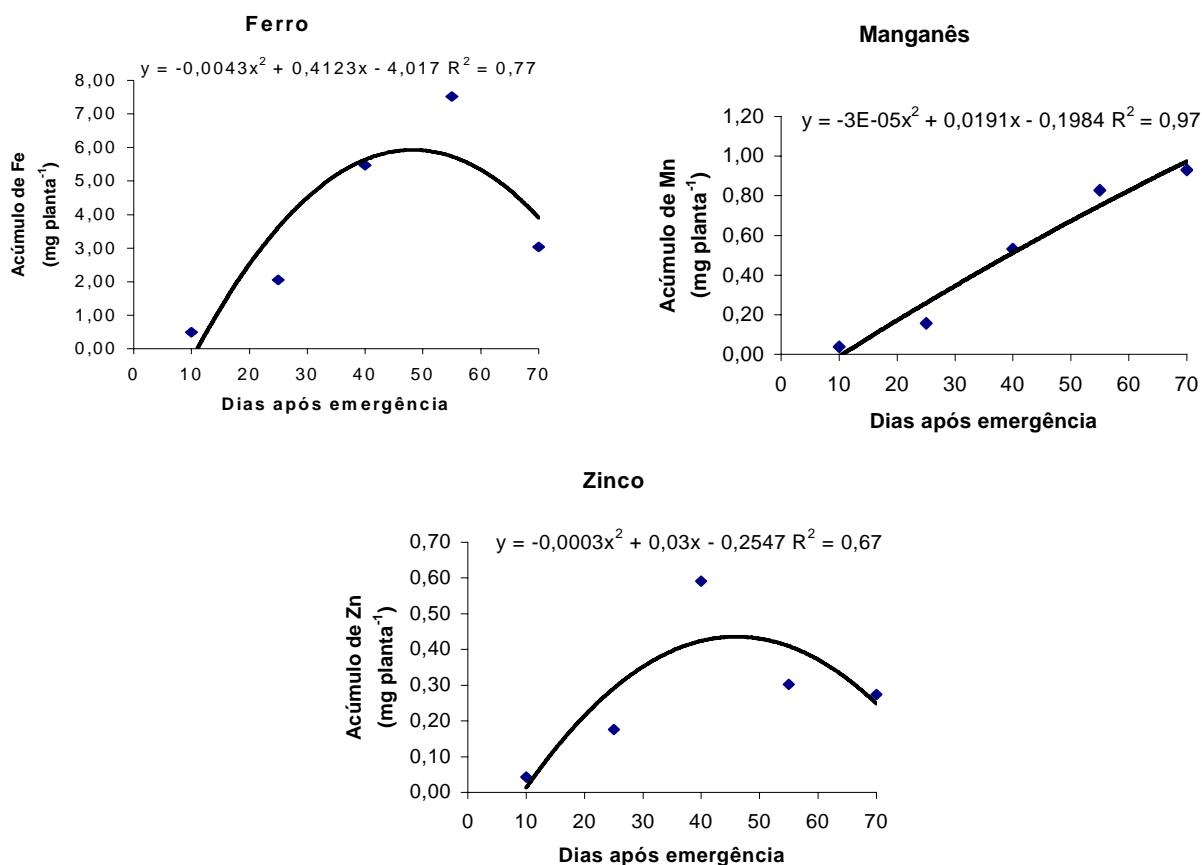


Figura 8. Quantidades de ferro, manganês e zinco acumuladas nas folhas do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Resultados semelhantes foram relatados por Pessoa et al. (1996), Haag et al. (1967) e Fageria (1997), que encontraram valores entre 8,5 e 15,9 kg ha⁻¹; entre 22,5 e 34,0 g kg⁻¹ e entre 15 e 35 g kg⁻¹ respectivamente. Resultados superiores aos do presente estudo foram relatados por Cobra Netto et al. (1971), que encontraram acúmulos de 24,8 e kg ha⁻¹ de potássio aos 46 DAE. Resultados inferiores foram encontrados por Mafra et al. (1974), que encontraram dados médios de 11,7 g kg⁻¹.

A maior taxa de acúmulo de cálcio, pelo fato de a curva ser crescente, foi observada na maior dose avaliada, com um acúmulo de 0,26 g planta⁻¹ (57,0 kg ha⁻¹). Quantidades inferiores foram observadas por Cobra Netto (1971), Mafra et al. (1974) e Primavesi et al. (1985), que obtiveram 10 kg ha⁻¹, 11 kg ha⁻¹ e valores entre 0,075 e 0,112 g planta⁻¹, respectivamente. Gallo & Miyasaka (1961) também observaram acréscimos nas

porcentagens de cálcio, durante todo o ciclo. Quantidades da ordem de 35 kg ha^{-1} foram observadas no ponto máximo de absorção, aos 53 DAE.

Observou-se elevação no acúmulo de magnésio até os 70 DAE, quando ocorreu o acúmulo máximo, diminuindo posteriormente por translocação para outros órgãos. O acúmulo máximo foi de $0,036 \text{ g planta}^{-1}$ ($7,8 \text{ kg ha}^{-1}$). Acúmulos semelhantes foram observados por Primavesi et al. (1985) para as cultivares Rico Pardo e Aroana e por Neptune et al. (1978), para a variedade Iguçu. Valores inferiores foram relatados por Cobra Netto et al. (1971), para a variedade Roxinho.

O acúmulo máximo de enxofre foi de $0,0046 \text{ g planta}^{-1}$ ($1,0 \text{ kg ha}^{-1}$) aos 50 DAE, ou seja, na fase de enchimento e formação de vagens. Valores superiores aos do presente estudo foram encontrados por Cobra Netto et al. (1971) e Haag et al. (1967) com $5,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e $3,4 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, contra $1,48 \text{ g kg}^{-1}$ encontrado no presente trabalho. Piggott (1986) relata que valores entre $1,6$ e $6,4 \text{ g kg}^{-1}$ são considerados concentrações adequadas para o feijoeiro no florescimento, dados superiores aos do presente estudo.

Já para o ferro, o acúmulo máximo ocorreu aos 48 dias e foi de $5,87 \text{ mg planta}^{-1}$ ($1,3 \text{ kg ha}^{-1}$). Piggott (1986) relata que são consideradas concentrações adequadas entre $0,10$ e $0,30 \text{ g kg}^{-1}$ de ferro no florescimento, sendo estes valores bastante inferiores aos obtidos no presente trabalho, onde se obteve $1,43 \text{ g kg}^{-1}$. Blasco et al. (1972), citados por Oliveira (1984), revelam que teores adequados estariam entre 7 e 807 mg kg^{-1} , sendo estes inferiores aos do presente trabalho.

Pela curva observada, o acúmulo de manganês continuou ascendente durante todo o período amostrado. Aos 70 dias, o acúmulo observado foi de $0,93 \text{ mg planta}^{-1}$ ($202,9 \text{ g ha}^{-1}$). Resultados inferiores foram obtidos por Primavesi et al. (1984), que encontraram valores entre $0,580$ e $1,264 \text{ mg planta}^{-1}$ na colheita. Piggott (1986) relata que concentrações adequadas para o manganês estão entre 50 e 400 mg kg^{-1} no ponto de colheita. Já Blasco et al. (1972), citados por Oliveira (1984), obtiveram valores entre 80 e 386 mg kg^{-1} em cinco variedades de feijão, todos eles concordando com o presente trabalho que obteve média de $240,5 \text{ mg kg}^{-1}$.

Observa-se elevação no acúmulo de zinco até os 50 DAE, onde ocorreu o ponto de máximo acúmulo: $0,50 \text{ mg planta}^{-1}$ (109 g ha^{-1}). Valores inferiores aos encontrados no presente trabalho foram relatados por Primavesi et al. (1984), que encontraram

entre 0,156 e 0,194 mg planta⁻¹ para as cultivares Rico Pardo e Aroana. Já Fageria (1997) relata que concentrações entre 35 e 100 mg kg⁻¹ são consideradas adequadas na época de florescimento, mostrando semelhança às obtidas no presente trabalho, que foi de 78,2 mg kg⁻¹, em média.

6.1.3.2 Acúmulo total de nutrientes no caule

Os dados referentes aos nutrientes presentes no caule do feijoeiro Carioca Precoce no período “da seca” estão apresentados na Tabela 13.

Observou-se pela análise de variância que nenhum nutriente apresentou diferenças e decorrência das doses de P.

Nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cobre e manganês apresentaram interação entre doses e épocas e serão discutidos a posteriormente.

Entre as épocas avaliadas, todos os nutrientes foram significativos. Cálcio e zinco ajustaram-se ao modelo linear e, magnésio e ferro, ao modelo quadrático, todos com significância $P < 0,01$ (Figura 9). Os demais resultaram em interação e serão discutidos a seguir.

O acúmulo máximo de cálcio, para esta condição, ocorreu próximo da maturação de vagens e foi de 0,017 g planta⁻¹ (3,70 kg ha⁻¹). Observa-se que a absorção de cálcio ocorreu durante todo o período avaliado, aumentando à medida que a planta se desenvolveu. Acúmulos semelhantes foram obtidos por Cobra Netto et al. (1971), com valor de 3,4 kg ha⁻¹ aos 66 DAE, o mesmo ocorrendo para teores.

Observou-se que o acúmulo máximo de magnésio para a cultivar Carioca Precoce ocorreu próximo à fase de maturação/colheita e foi de 0,0131 g planta⁻¹ (2,8 kg ha⁻¹), acúmulo semelhante aos obtidos por Cobra Netto et al. (1971), que encontraram valor de 2,3 kg ha⁻¹. Valores referentes a teor foram de 4,6 g kg⁻¹, o que também concorda com os autores, que encontraram 5,6 g kg⁻¹.

Tabela 13. Quantidade acumulada de nutrientes no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce em função de doses de fósforo, aplicado via solo, e épocas de avaliação. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0239	0,0015	0,0201	0,0146	0,0052	0,0020	0,0514	0,4295	0,0745	0,1073
30	0,0258	0,0016	0,0241	0,0182	0,0060	0,0024	0,0809	0,6975	0,0894	0,1135
60	0,0237	0,0016	0,0219	0,0161	0,0060	0,0024	0,0652	0,5521	0,0988	0,1077
90	0,0244	0,0016	0,0236	0,0165	0,0054	0,0022	0,0598	0,5877	0,0861	0,0963
120	0,0267	0,0017	0,0253	0,0169	0,0053	0,0024	0,0442	0,4941	0,0741	0,1095
150	0,0344	0,0024	0,0366	0,0220	0,0067	0,0032	0,0709	0,5237	0,0927	0,1274
Época (dias)										
10	0,0015	0,0001	0,0020	0,0010	0,0003	0,0002	0,0024	0,0124	0,0020	0,0030
25	0,0059	0,0004	0,0079	0,0046	0,0012	0,0008	0,0133	0,1151	0,0102	0,0177
40	0,0466	0,0026	0,0423	0,0198	0,0059	0,0032	0,0830	0,5195	0,0814	0,1211
55	0,0498	0,0033	0,0386	0,0243	0,0083	0,0041	0,0855	0,5520	0,1424	0,1857
70	0,0285	0,0022	0,0356	0,0372	0,0131	0,0038	0,1261	1,5382	0,1936	0,2238
F para:										
Trat. (T)	2,384 ^{ns}	1,987 ^{ns}	3,256*	2,275 ^{ns}	1,521 ^{ns}	2,620 ^{ns}	3,858*	1,311 ^{ns}	1,479 ^{ns}	0,861 ^{ns}
Época (E)	188,056**	199,559**	155,619**	186,415**	254,911**	286,933**	37,035**	245,460**	162,035**	276,745**
T x E	2,069*	1,974*	2,254**	1,419 ^{ns}	1,058 ^{ns}	1,889*	1,901*	1,635 ^{ns}	2,384**	1,759 ^{ns}
C.V. Trat (%)	49,82	67,30	64,05	48,45	40,61	49,76	54,40	72,65	47,52	49,46
C.V. Época (%)	33,77	31,71	32,72	34,21	31,35	24,42	76,13	38,52	41,58	29,40
C.V. TXE (%)	33,17	38,27	35,27	33,73	32,82	39,01	58,20	50,74	31,21	36,28

*,** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo

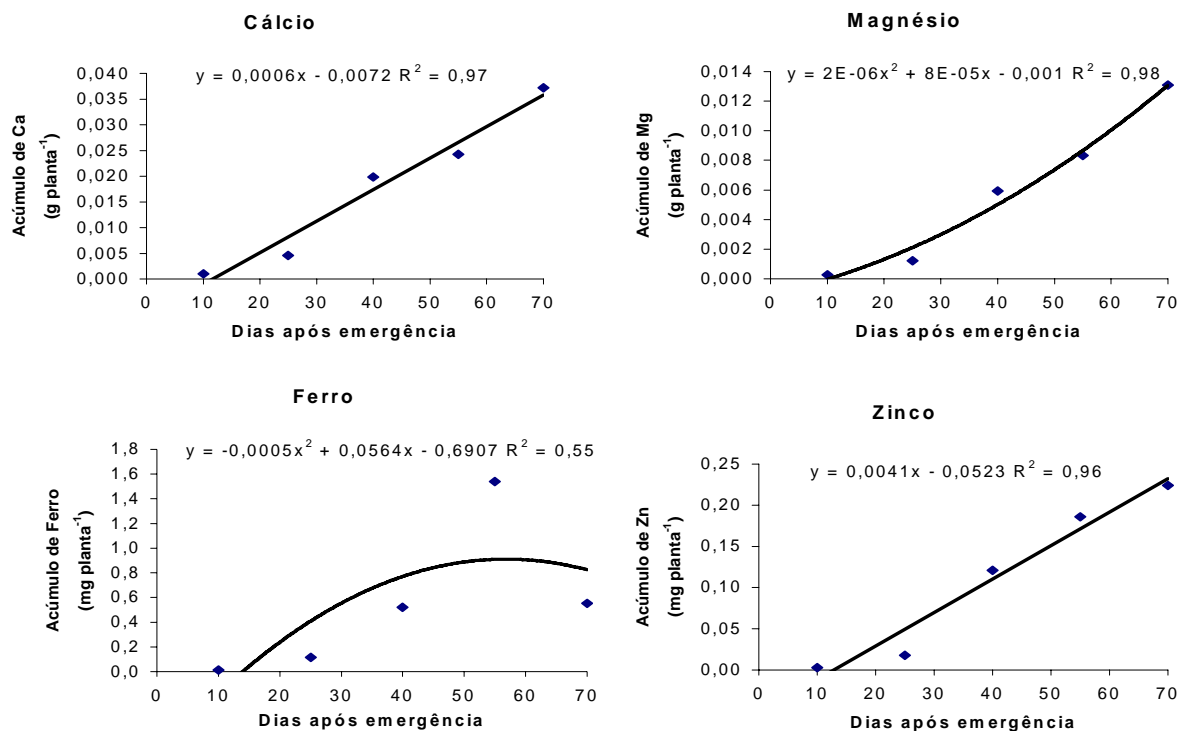


Figura 9. Quantidades de cálcio, magnésio, ferro e zinco acumuladas no caule do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em função de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Já o acúmulo máximo de ferro ocorreu aos 56 DAE e, pela equação obtida, verificou-se que foi de $0,897 \text{ mg planta}^{-1}$ ($195,5 \text{ g ha}^{-1}$).

Aumentos constantes na quantidade de zinco acumulada (Figura 9) ocorreram durante o período amostrado, ou seja, até a fase de maturação/colheita. Aos 70 DAE, o acúmulo observado foi de $0,224 \text{ mg planta}^{-1}$ ($48,8 \text{ g ha}^{-1}$).

O desdobramento do nitrogênio no caule, para doses dentro de cada época avaliada, apresentou diferenças significativas apenas para E3 e E4, ou seja, aos 40 e 55 DAE. Para E3, o modelo que melhor se ajustou foi o linear, com significância $P < 0,01$. E para E4, foi o modelo quadrático de regressão, com $P < 0,01$ (Figura 10 e Tabela 14).

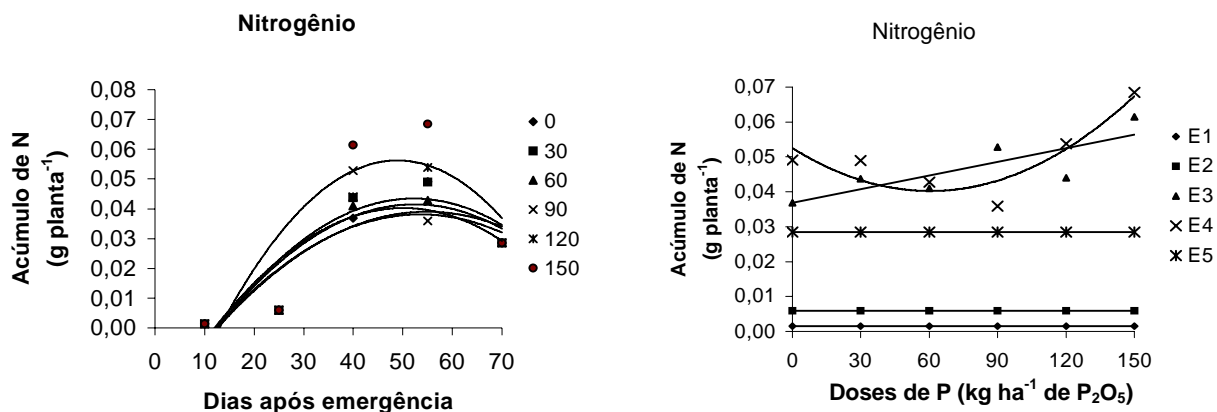


Figura 10. Nitrogênio no caule dentro de cada dose de fósforo e época avaliada para o feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

No desdobramento de doses de P dentro das épocas avaliadas, observou-se que, em todas as doses, houve ajuste quadrático, com significância $P < 0,01$ (Figura 10). Observou-se que, até E3 (40 DAE), o acúmulo de nitrogênio no caule aumentou proporcionalmente ao aumento das doses de fósforo no solo, sendo essa uma fase de intensa necessidade deste nutriente para a formação de parte aérea. Quanto maior a quantidade de fósforo disponível no solo, maior foi a capacidade da planta em absorver o nitrogênio. Na E4 (55 DAE), observou-se diferenças de comportamento, porém, também ocorreu tendência de aumento no acúmulo de N, seguindo as doses de P aplicadas.

Tabela 14. Regressões polinomiais das quantidades de nitrogênio acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0014	-
E2 = 0,0059	-
E3 = 0,0001x + 0,0369	0,66
E4 = 0,000003x ² - 0,0004x + 0,0525	0,83
E5 = 0,0285	-
P d E ²	
D0 = - 0,00002x ² + 0,0024x - 0,0267	0,78
D30 = - 0,00003x ² + 0,0027x - 0,0303	0,77
D60 = - 0,00002x ² + 0,0024x - 0,0261	0,79
D90 = - 0,00003x ² + 0,0028x - 0,0295	0,69
D120 = - 0,00003x ² + 0,0029x - 0,0325	0,76
D150 = - 0,00004x ² + 0,0043x - 0,0481	0,71

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

Todas as doses de P apresentaram o mesmo efeito, elevando o N até um ponto de máximo acúmulo e diminuindo posteriormente pelo efeito de translocação para outros órgãos (Figura 9). A dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ destacou-se das demais. Os acúmulos máximos ocorreram aos 60, 45, 60, 46,7, 48,3 e 53,8 dias, respectivamente, para as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e foram de 0,045 g planta⁻¹ (9,4 kg ha⁻¹), 0,030 g planta⁻¹ (6,9 kg ha⁻¹), 0,046 (10,7 kg ha⁻¹) g planta⁻¹, 0,036 g planta⁻¹ (7,7 kg ha⁻¹), 0,038 g planta⁻¹ (7,9 kg ha⁻¹) e 0,067 g planta⁻¹ (14,3 kg ha⁻¹).

O desdobramento da interação para fósforo são apresentados na Figura 11 e Tabela 15. Observaram-se, no desdobramento de doses dentro de épocas, tendência de aumento de acúmulo de P até o enchimento de grãos, com posterior redução na fase pré colheita. A dose de 150 sobressaiu-se das demais, acumulando maior quantidade de P no caule.

Quando o desdobramento de épocas dentro de doses, E3 e E5 apresentaram efeito linear, aumentando o acúmulo conforme a disponibilidade de P no solo, ou seja, quanto maior a dose aplicada, maior o acúmulo. Já para E4, que apresentou efeito quadrático, houve redução no acúmulo dos tratamentos intermediários e acréscimo nas maiores doses.

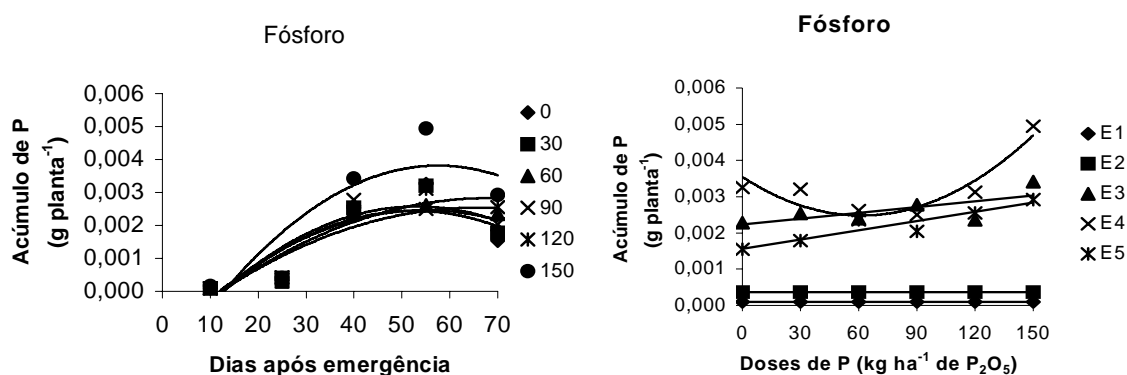


Figura 11. Fósforo no caule dentro de cada dose de fósforo e época avaliada para o feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 15. Regressões polinomiais das quantidades de fósforo acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0001	-
E2 = 0,0004	-
E3 = 5E-06x + 0,0022	0,49
E4 = 3E-07x ² - 3E-05x + 0,0035	0,87
E5 = 8E-06x + 0,0016	0,87
P d E ²	
D0 = -2E-06x ² + 0,0002x - 0,0018	0,72
D30 = -2E-06x ² + 0,0002x - 0,0018	0,77
D60 = -9E-07x ² + 0,0001x - 0,0013	0,85
D90 = -1E-06x ² + 0,0001x - 0,0016	0,80
D120 = -9E-07x ² + 0,0001x - 0,0014	0,86
D150 = -2E-06x ² + 0,0002x - 0,0025	0,76

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

Quanto ao potássio (Figura 12 e Tabela 16), para doses dentro de épocas de avaliação, observou-se tendência semelhante para todas elas, com aumento de acúmulo até a fase de enchimento de grãos, com posterior redução no final do ciclo da cultura. Assim como para fósforo, a dose de 150 acumulou maiores quantidades de K em relação as demais. Para época dentro de doses, E3 e E5, com efeitos lineares, aumentaram o acúmulo de acordo com as doses de P aplicadas no solo. Efeito semelhante foi encontrado por E4 porém, com efeito quadrático, também aumentando o acúmulo nas maiores doses.

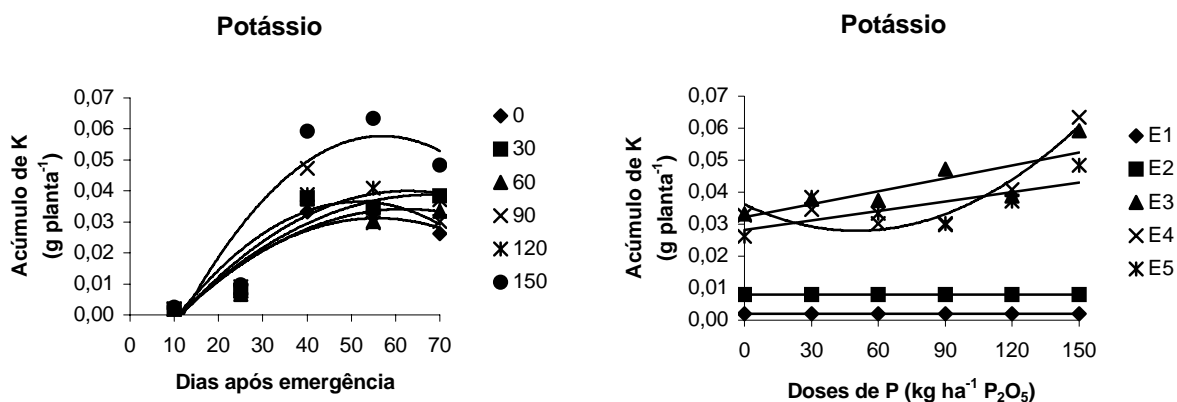


Figura 12. Potássio no caule dentro de cada dose de fósforo e época avaliada para o feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 16. Regressões polinomiais das quantidades de potássio acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0020	-
E2 = 0,0079	-
E3 = 0,0001x + 0,0321	0,64
E4 = 3E-06x ² - 0,0003x + 0,0362	0,91
E5 = 1E-04x + 0,0282	0,52
P d E ²	
D0 = -2E-05x ² + 0,0018x - 0,018	0,83
D30 = -1E-05x ² + 0,0016x - 0,0162	0,87
D60 = -1E-05x ² + 0,0016x - 0,0163	0,81
D90 = -2E-05x ² + 0,0023x - 0,0221	0,71
D120 = -2E-05x ² + 0,0019x - 0,02	0,87
D150 = -3E-05x ² + 0,0033x - 0,035	0,83

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

A Figura 13 e a Tabela 17 apresentam os dados referentes ao desdobramento do enxofre dentro de épocas de avaliação e dentro de doses de fósforo.

O acúmulo de enxofre foi afetado significativamente somente em E3 e E4, ou seja, aos 40 e 55 DAE. Na época 3, observa-se que o modelo que melhor se ajustou foi o linear, com significância $P < 0,01$. O acúmulo máximo, para as doses avaliadas, foi de 0,005 g planta⁻¹ (1,0 kg ha⁻¹). A E4 (55 DAE) ajustou-se melhor ao modelo quadrático de regressão, com $P < 0,01$. Houve um decréscimo no acúmulo de enxofre nas doses intermediárias em relação à testemunha, apresentando valores superiores a esse somente na dose de 150 kg ha⁻¹

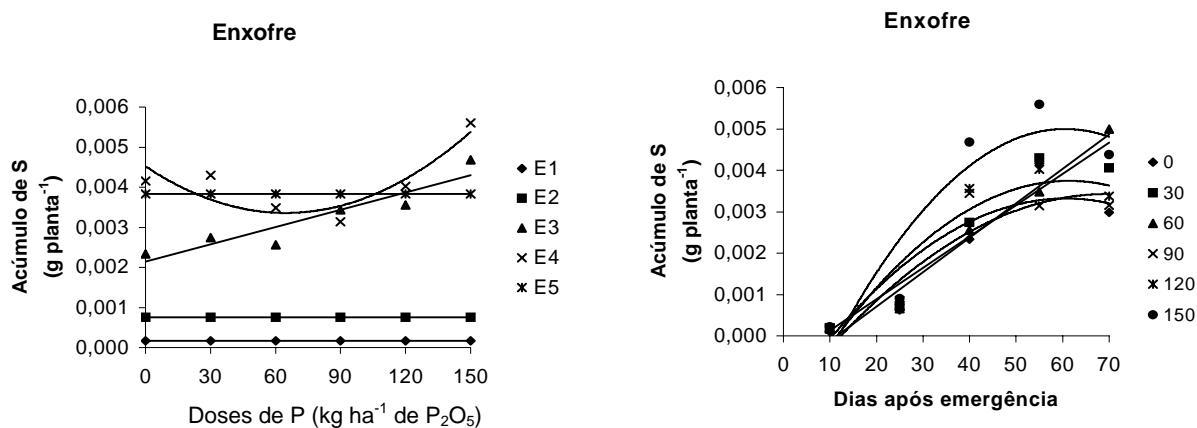


Figura 13. Quantidade de enxofre acumulada no caule, dentro de cada época e dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

de P_2O_5 . O maior acúmulo ocorreu, nesse caso, aos 70 DAE com $0,006 \text{ g planta}^{-1}$ ($12,2 \text{ kg ha}^{-1}$).

As doses de 30 e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 ajustaram-se ao modelo linear de regressão com significância $P < 0,01$, dentro das épocas. Os acúmulos de enxofre para as duas doses foram crescentes durante todo o desenvolvimento das plantas, com valores máximos observados de $0,0043 \text{ (} 0,9 \text{ kg ha}^{-1}\text{)}$ e $0,005 \text{ g planta}^{-1}$ ($1,1 \text{ kg ha}^{-1}$), respectivamente.

Tabela 17. Regressões polinomiais das quantidades de enxofre acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0002	-
E2 = 0,0008	-
E3 = $0,00001x + 0,0021$	0,87
E4 = $0,0000003x^2 - 0,00004x + 0,0045$	0,79
E5 = 0,0038	-
P d E ²	
D0 = $- 0,000001x^2 + 0,0001x - 0,0016$	0,84
D30 = $0,00008x - 0,0006$	0,90
D60 = $0,00008x - 0,001$	0,88
D90 = $- 0,000001x^2 + 0,0002x - 0,0015$	0,87
D120 = $- 0,000002x^2 + 0,0002x - 0,0019$	0,87
D150 = $- 0,000002x^2 + 0,0003x - 0,0027$	0,86

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas;

As doses de 0, 90, 120 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão e a análise de variância mostrou significância $P < 0,05$ para as doses de 0 e 90 e $P < 0,01$ para as de 120 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

A Figura 14 e a Tabela 18 apresentam os dados referentes ao desdobramento do elemento cobre no caule dentro de cada época e cada dose de fósforo avaliada. Dentre as épocas avaliadas, observa-se que apenas na E5 (70 DAE) houve diferenças significativas entre as doses avaliadas. O desdobramento do elemento cobre dentro de cada dose de fósforo avaliada ajustou-se a um modelo linear de regressão com significância $P < 0,01$, exceto para a testemunha, que se ajustou ao modelo quadrático de regressão com significância $P < 0,05$. As maiores quantidades acumuladas ocorreram ao final do ciclo e foram de $0,099 \text{ (} 20,8 \text{ g ha}^{-1}\text{)}$, $0,1438 \text{ (} 32,8 \text{ g ha}^{-1}\text{)}$, $0,1121 \text{ (} 26,1 \text{ g ha}^{-1}\text{)}$, $0,1115 \text{ (} 23,9 \text{ g ha}^{-1}\text{)}$, $0,1146 \text{ (} 23,9 \text{ g ha}^{-1}\text{)}$ e $0,143 \text{ (} 30,6 \text{ g ha}^{-1}\text{)}$.

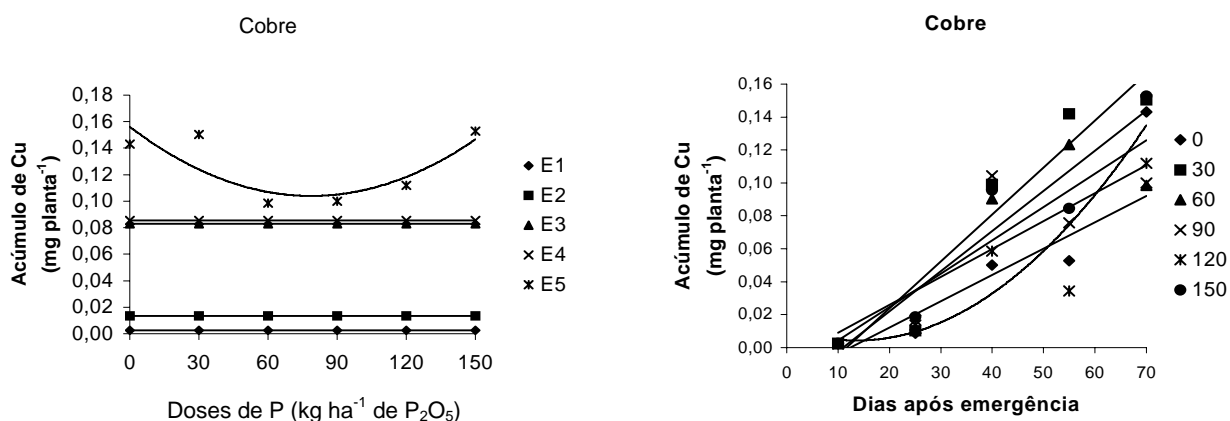


Figura 14. Quantidade de cobre acumulada no caule dentro de cada época e dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

O desdobramento do elemento manganês, dentro de cada época avaliada na região do caule, ajustou-se ao modelo linear de regressão para as E3 e E5 (40 e 70 DAE), com significância $P < 0,01$ (Figura 15 e Tabela 19).

Tabela 18. Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0024	-
E2 = 0,0133	-
E3 = 0,0830	-
E4 = 0,0855	-
E5 = 0,000008x ² - 0,0013x + 0,156	0,68
P d E ²	
D0 = 0,00004x ² - 0,0011x + 0,012	0,93
D30 = 0,0025x - 0,0312	0,93
D60 = 0,0018x - 0,0139	0,86
D90 = 0,0018x - 0,0145	0,87
D120 = 0,0019x - 0,0184	0,91
D150 = 0,0025x - 0,032	0,93

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

O desdobramento do elemento manganês dentro de doses de fósforo, ajustou-se ao modelo quadrático de regressão para as doses de 0 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com significância P<0,01 e P<0,05, respectivamente, tendo as doses restantes se ajustado ao modelo linear de regressão com P<0,01.

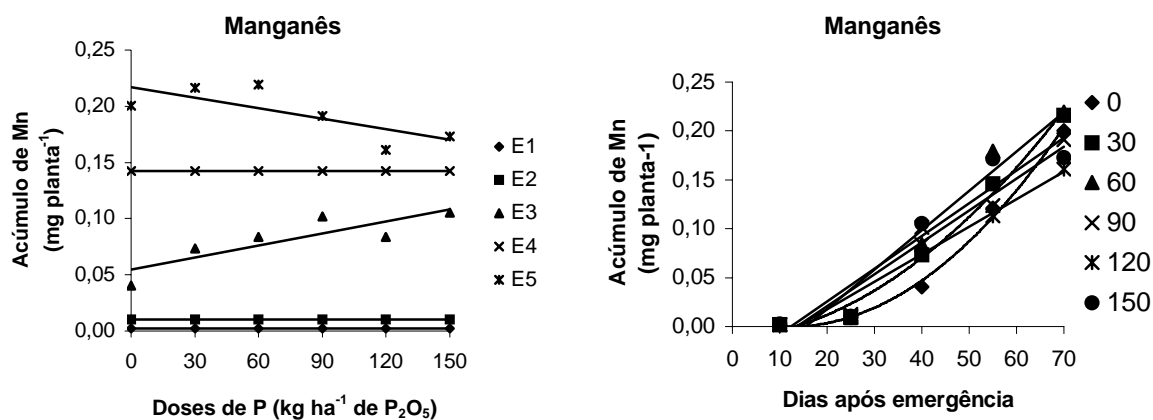


Figura 15. Quantidade de manganês acumulada no caule, dentro de cada época e dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 19. Regressões polinomiais das quantidades de manganês acumuladas no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003

Equações de regressão E d P ²	R ²
E1 = 0,002	-
E2 = 0,0102	-
E3 = 0,0004x + 0,0547	0,73
E4 = 0,1424	-
E5 = -0,0003x + 0,2171	0,57
Equações de regressão P d E ¹	R ²
D0 = -0,00006x ² - 0,0015x + 0,0088	0,99
D30 = 0,00004x ² + 0,0003x - 0,0121	0,99
D60 = 0,0040x - 0,0623	0,95
D90 = 0,0033x - 0,0446	0,95
D120 = 0,0028x - 0,0383	0,96
D150 = 0,0033x - 0,0413	0,91

¹ = doses de fósforo dentro de épocas; ² = épocas dentro de doses de fósforo

Observa-se que aos 40 DAE (E3), os acúmulos de Mn aumentaram linearmente com os aumentos de fósforo no solo até a maior dose avaliada. Nessa circunstância, o acúmulo máximo de Mn foi de $0,11 \text{ mg planta}^{-1}$ ($23,9 \text{ g ha}^{-1}$). Já aos 70 dias, os acúmulos foram inversos aos observados anteriormente, reduzindo-se à medida que se elevaram as doses de fósforo no solo.

As doses com ajuste quadrático apresentaram efeitos semelhantes, com acúmulos máximos no final do ciclo, com valores de $0,20$ ($43,6 \text{ g ha}^{-1}$) e $0,22 \text{ mg planta}^{-1}$ ($47,9 \text{ g ha}^{-1}$). Observa-se efeito semelhante para todas as doses de P que se ajustaram ao modelo linear. Os acúmulos máximos foram encontrados próximos à maturação das plantas, com valores de $0,22 \text{ mg planta}^{-1}$ ($47,9 \text{ g ha}^{-1}$), $0,19 \text{ mg planta}^{-1}$ ($41,4 \text{ g ha}^{-1}$), $0,16 \text{ mg planta}^{-1}$ ($34,9 \text{ g ha}^{-1}$) e $0,17 \text{ mg planta}^{-1}$ ($37,0 \text{ g ha}^{-1}$) respectivamente, para as doses de 60, 90, 120 e 150 kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$.

6.1.3.3 Acúmulo total de nutrientes nas valvas

Os dados referentes aos nutrientes presentes nas valvas do feijoeiro Carioca Precoce cultivadas no período “da seca” estão apresentados na Tabela 20.

Entre as doses de P, observa-se que não houve diferenças em relação ao acúmulo, exceto para cobre e manganês (Figura 16).

Quanto às épocas de avaliação, observa-se que aos 70 DAE os nutrientes N, P, S, Cu, Fe e Zn reduziram seu acúmulo em relação à avaliação anterior, mostrando que estes elementos foram translocados para os grãos, à medida que a vagem se desenvolveu.

Já quanto aos nutrientes Mg e Mn, o efeito foi contrário, elevando-se o acúmulo com o desenvolvimento das vagens, possivelmente pelo fato de que o Mg participa da estrutura da planta como constituinte da clorofila.

Tabela 20. Quantidade acumulada de nutrientes nas valvas do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “da seca”, Botucatu-SP, no ano de 2003.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,1037	0,0079	0,0686	0,0457	0,0160	0,0041	0,1140	0,3882	0,1602	0,2135
30	0,0967	0,0075	0,0650	0,0443	0,0149	0,0036	0,0869	0,4678	0,2018	0,1950
60	0,1066	0,0090	0,0699	0,0474	0,0179	0,0036	0,0571	0,3397	0,3572	0,2354
90	0,0886	0,0083	0,0579	0,0424	0,0134	0,0033	0,0349	0,2367	0,1380	0,1855
120	0,1055	0,0097	0,0763	0,0544	0,0166	0,0036	0,0547	0,3765	0,2170	0,2602
150	0,1281	0,0119	0,0845	0,0558	0,0171	0,0045	0,0576	0,3451	0,2751	0,2736
Época (dias)										
55	0,1322	0,0121	0,0718	0,0459	0,0142	0,0042	0,0768	0,4845	0,2059	0,2395
70	0,0775	0,0060	0,0689	0,0508	0,0177	0,0034	0,0583	0,2335	0,2438	0,2148
F para:										
Trat. (T)	0,733 ^{ns}	1,844 ^{ns}	0,981 ^{ns}	0,933 ^{ns}	0,791 ^{ns}	1,286 ^{ns}	3,482*	1,742 ^{ns}	6,923**	1,754 ^{ns}
Época (E)	129,663**	458,440**	3,385 ^{ns}	10,342*	64,548**	89,650 ^{ns}	3,658 ^{ns}	75,239**	47,739**	13,527*
T x E	0,684 ^{ns}	0,980 ^{ns}	0,965 ^{ns}	0,931 ^{ns}	0,987 ^{ns}	1,711**	4,954**	2,236 ^{ns}	7,436**	0,451 ^{ns}
C.V. Trat (%)	46,69	41,56	41,66	37,33	36,05	32,10	70,68	50,41	43,01	37,22
C.V. Época (%)	17,75	12,29	8,55	12,10	10,65	8,62	55,45	31,23	9,45	11,46
C.V. TXE (%)	31,22	35,56	20,96	26,12	20,12	37,20	64,40	52,98	21,02	35,09

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente. ^{ns} = não significativo

Pela análise de variância, observa-se que o acúmulo de cobre seguiu modelo quadrático de regressão, com significância $P < 0,01$. Já o acúmulo de manganês nas valvas seguiu modelo quadrático, com significância $P < 0,01$ (Figura 16).

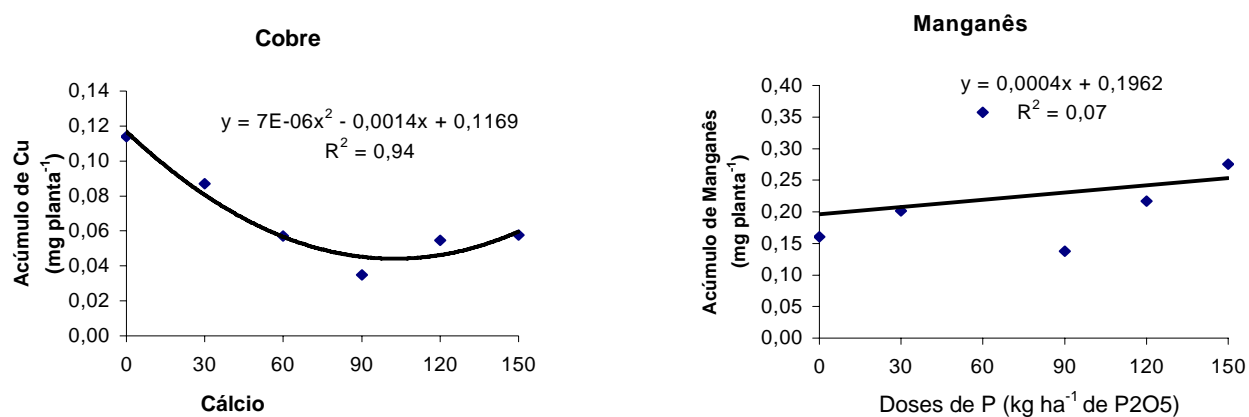


Figura 16. Quantidades de cobre e manganês acumuladas nas valvas do feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Época “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Pode-se observar diminuição no acúmulo de cobre, conforme se aumentou a dose de fósforo aplicado via solo até certo nível. Na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ocorreu elevação. O maior acúmulo de cobre observado ocorreu no início de desenvolvimento e foi de 0,114 mg planta⁻¹ (23,9 g ha⁻¹).

Em relação ao manganês, observa-se que houve aumento na quantidade acumulada até a maior dose estudada. O acúmulo máximo de manganês foi de 0,028 mg planta⁻¹ (5,99 g ha⁻¹).

6.1.3.4 Acúmulo total de nutrientes nos grãos

Os dados referentes aos nutrientes presentes nos grãos do feijoeiro Carioca Precoce que foram cultivados no período “da seca” estão apresentados na Tabela 21.

Observa-se que todos os nutrientes apresentaram diferenças significativas entre as doses de P e que a análise de variância apresentou significância $P < 0,01$, exceto para o cálcio, que não apresentou diferenças significativas.

O nitrogênio, o fósforo e o potássio apresentaram significância $P < 0,01$, ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figura 17).

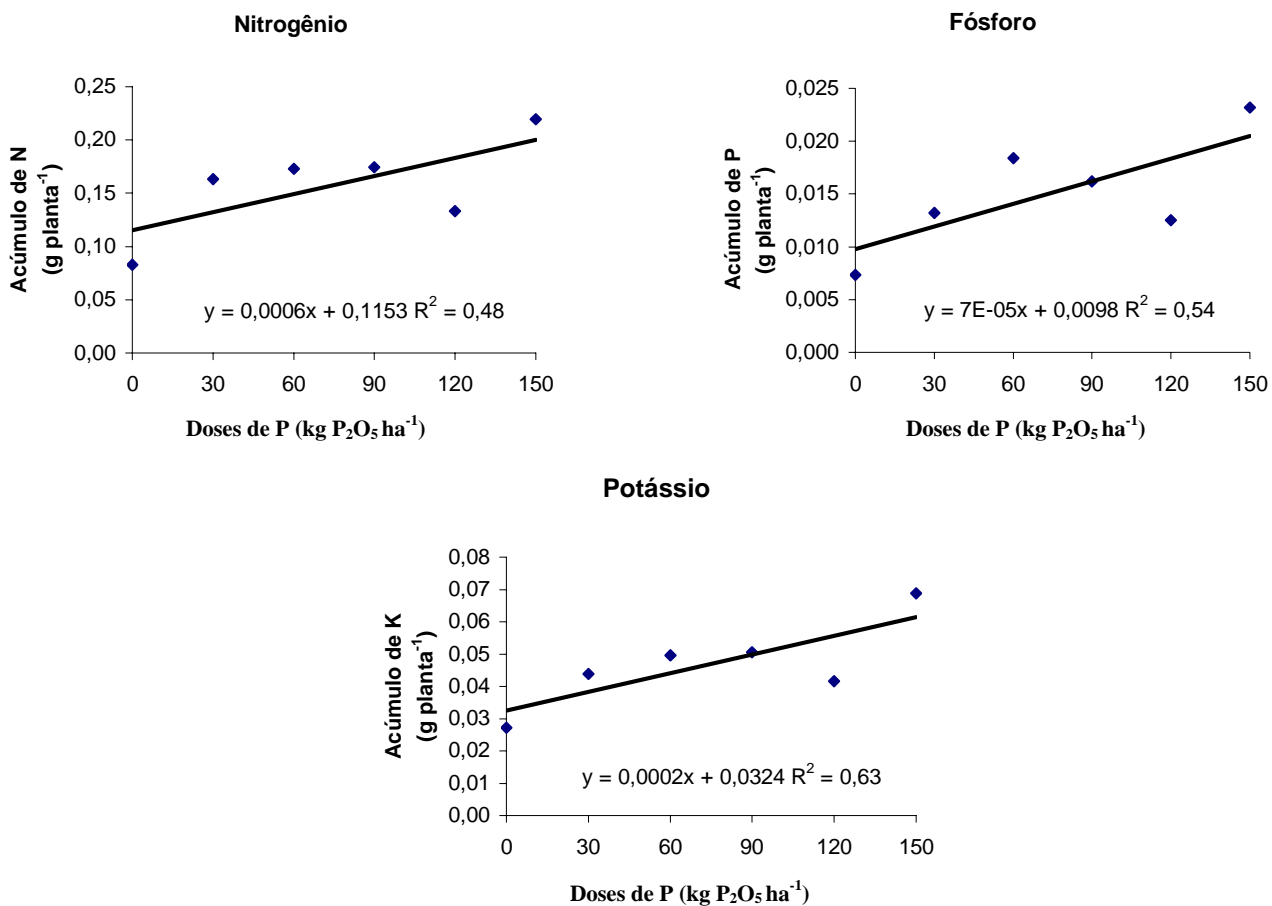


Figura 17. Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio acumulada nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 21. Quantidade acumulada de nutrientes nos grãos do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha⁻¹ de P₂O₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0829	0,0073	0,0271	0,0176	0,0043	0,0044	0,0132	0,0559	0,0783	0,1522
30	0,1633	0,0132	0,0438	0,0319	0,0088	0,0062	0,0220	0,1543	0,1237	0,2180
60	0,1730	0,0184	0,0496	0,0268	0,0098	0,0072	0,0139	0,1175	0,1644	0,2491
90	0,1745	0,0162	0,0505	0,0232	0,0091	0,0060	0,0512	0,1759	0,1532	0,2044
120	0,1332	0,0125	0,0416	0,0208	0,0071	0,0053	0,0426	0,1460	0,1341	0,1791
150	0,2195	0,0232	0,0689	0,0365	0,0134	0,0095	0,0581	0,2948	0,2428	0,3408
F para:										
Tratamento	4,415**	7,803**	4,250**	28,72 ^{ns}	7,381**	6,199**	12,663**	12,351**	6,346**	5,712**
CV (%)	31,02	28,73	31,56	35,78	28,19	24,78	36,85	31,97	32,43	27,63

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

O aumento nas doses de fósforo elevou o acúmulo de nitrogênio nos grãos. Pela reta, observa-se que, na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, maior dose avaliada, houve acúmulo de 0,21 g planta⁻¹ (44,9 kg ha⁻¹). Acúmulo semelhante foi observado por Haag et al. (1967). Resultados pouco inferiores foram observados por Miranda et al. (2000), com teor de 30 g kg⁻¹ contra 34 g kg⁻¹ encontradas no presente experimento.

Observa-se que houve aumento no acúmulo de fósforo conforme as doses do nutriente aumentaram, até a maior dose avaliada. Na dose de 150 kg ha⁻¹, observou-se acúmulo de 0,020 g planta⁻¹ (4,34 kg ha⁻¹), nível semelhante ao observado por Haag et al. (1967). Miranda et al. (2000) obtiveram resultados 3,0 g kg⁻¹, quando aplicaram 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, resultados inferiores quando comparados com o presente experimento, o qual apresentou 3,6 g kg⁻¹.

O acúmulo de potássio nos grãos se ajustou ao modelo linear, com significância P<0,01. O acúmulo máximo obtido pela equação foi de 0,062 g planta⁻¹ (13,3 kg ha⁻¹), na maior dose avaliada. Resultados inferiores aos obtidos por Haag et al. (1967).

As quantidades acumuladas de magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco ajustaram-se ao modelo linear e a análise de variância revelou significância P<0,01 (Figura 18).

Na maior dose avaliada, os acúmulos de magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco foram de 0,012 mg planta⁻¹ (2,57 kg ha⁻¹), 0,008 mg planta⁻¹ (1,71 kg ha⁻¹), 0,055 mg planta⁻¹ (11,8 g ha⁻¹), 0,250 mg planta⁻¹ (53,5 g ha⁻¹), 0,209 mg planta⁻¹ (44,7 g ha⁻¹) e 0,273 mg planta⁻¹ (58,4 g ha⁻¹), respectivamente. Essa quantidade acumulada é a exportada quando se colhem apenas os grãos.

6.1.3.5 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea da planta por época de avaliação

O acúmulo total de nutrientes (folha + caule + valvas + grãos) em decorrência de doses de P aos 10 DAE, 25 DAE, 40 DAE, 55 DAE e 70 DAE é apresentado nas Tabelas 22, 23, 24, 25 e 26, respectivamente. Observou-se que, apesar de significativas, pequenas foram as variações nas quantidades de nutrientes extraídas entre as doses de fósforo.

Para os 10 DAE (Tabela 22), todos os demais nutrientes apresentaram diferenças significativas, exceto o Fe e o Mn. Em todos os nutrientes, observou-se a mesma tendência, ou seja, acréscimos nas quantidades até a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pequeno

decréscimo até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, novamente voltando a aumentar a quantidade acumulada na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

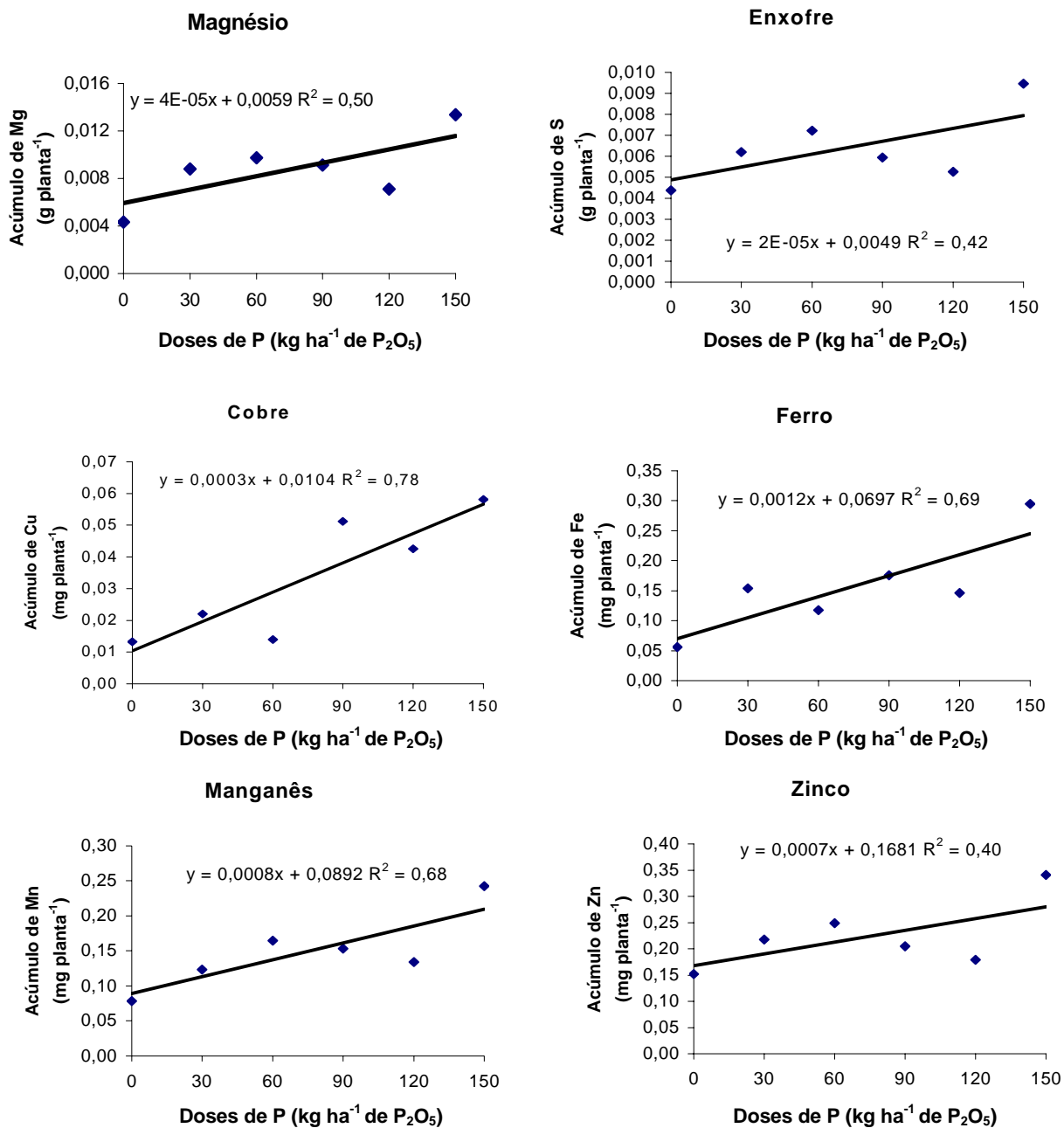


Figura 18. Quantidade acumulada de magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 22. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 10 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0082	0,0005	0,0068	0,0050	0,0015	0,0004	0,0122	0,3723	0,0291	0,0310
30	0,0128	0,0007	0,0094	0,0084	0,0024	0,0005	0,0166	0,5298	0,0416	0,0494
60	0,0133	0,0007	0,0095	0,0081	0,0027	0,0006	0,0199	0,5925	0,0486	0,0512
90	0,0112	0,0006	0,0090	0,0068	0,0022	0,0005	0,0196	0,5072	0,0378	0,0427
120	0,0110	0,0006	0,0088	0,0053	0,0021	0,0005	0,0134	0,4468	0,0391	0,0411
150	0,0141	0,0009	0,0125	0,0084	0,0031	0,0007	0,0214	0,5719	0,0436	0,0591
F	3,235*	5,013**	3,776*	4,901**	6,131**	4,058*	3,706*	1,604 ^{ns}	1,793 ^{ns}	4,378**
CV (%)	22,5	20,62	22,29	22,47	21,58	24,72	25,45	28,81	27,36	22,63

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

Tabela 23. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 25 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0414	0,0024	0,0334	0,0259	0,0078	0,0018	0,0636	1,941	0,1545	0,1664
30	0,0474	0,0026	0,0350	0,0318	0,0091	0,0020	0,0629	2,002	0,1525	0,1866
60	0,0443	0,0023	0,0319	0,0277	0,0090	0,0021	0,0695	2,046	0,1624	0,1756
90	0,0553	0,0029	0,0444	0,0332	0,0111	0,0027	0,1038	2,693	0,1903	0,2170
120	0,0495	0,0025	0,0398	0,0257	0,0101	0,0022	0,0601	2,04	0,1687	0,1906
150	0,0539	0,0030	0,0474	0,0314	0,0121	0,0027	0,0882	2,266	0,1650	0,2274
F	1,164 ^{ns}	1,123 ^{ns}	1,714 ^{ns}	0,893 ^{ns}	1,981 ^{ns}	2,127 ^{ns}	7,210**	1,544 ^{ns}	1,689 ^{ns}	1,595 ^{ns}
CV (%)	22,97	23,95	27,80	26,26	25,06	27,24	19,54	23,37	14,15	21,64

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

Tabela 24. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 40 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,1690	0,0089	0,1300	0,1148	0,0286	0,0086	0,1597	4,888	0,4425	0,6142
30	0,1934	0,0093	0,1482	0,1311	0,0321	0,0079	0,3194	5,943	0,5926	0,7353
60	0,1831	0,0087	0,1351	0,1297	0,0336	0,0069	0,2130	4,535	0,5731	0,5540
90	0,2414	0,0105	0,1777	0,1823	0,0400	0,0097	0,3312	7,607	0,7397	0,8031
120	0,2016	0,0086	0,1487	0,1468	0,0338	0,0095	0,3040	6,534	0,6383	0,8010
150	0,2043	0,0101	0,1680	0,1666	0,0398	0,0105	0,2431	6,421	0,6922	0,7666
F	1,324 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,982 ^{ns}	2,300 ^{ns}	1,295 ^{ns}	1,354 ^{ns}	3,186*	1,940 ^{ns}	1,795 ^{ns}	1,266 ^{ns}
CV (%)	24,00	29,43	27,58	25,70	25,44	28,95	32,52	30,40	28,30	29,06

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

Tabela 25. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 55 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,3185	0,0213	0,1938	0,2031	0,0474	0,0141	0,3555	9,464	1,0540	0,7448
30	0,3165	0,0204	0,182	0,225	0,0480	0,0127	0,4931	10,331	1,0693	0,6919
60	0,3084	0,0203	0,1726	0,2162	0,0501	0,0118	0,321	8,705	1,2456	0,7002
90	0,2765	0,0198	0,156	0,2210	0,0413	0,0109	0,2533	8,157	0,9607	0,5736
120	0,3515	0,0216	0,2090	0,2672	0,0523	0,014	0,2460	9,847	1,1923	0,7514
150	0,4278	0,0305	0,2513	0,3451	0,0676	0,0166	0,4300	10,788	1,5346	0,9008
F	2,325 ^{ns}	1,977 ^{ns}	2,719*	3,920*	2,924*	1,912 ^{ns}	4,220**	0,521 ^{ns}	2,723*	2,041 ^{ns}
CV (%)	22,95	29,07	23,25	24,35	22,74	24,38	30,47	32,11	23,41	22,90

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

Tabela 26. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce aos 70 DAE, em decorrência de doses de fósforo aos 70 DAE. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,2819	0,0169	0,1941	0,3296	0,0568	0,0142	0,4172	3,8090	1,3132	0,7788
30	0,3779	0,0238	0,2283	0,3995	0,0655	0,0179	0,4471	3,4990	1,4246	0,9289
60	0,3784	0,0320	0,2262	0,3570	0,0719	0,0199	0,3370	3,6280	1,8391	1,0131
90	0,3549	0,0270	0,2098	0,3333	0,0596	0,0160	0,3274	4,1724	1,2814	0,8155
120	0,3453	0,0255	0,2314	0,3846	0,0671	0,0160	0,3895	4,4226	1,4349	0,9580
150	0,4562	0,0367	0,2700	0,4504	0,0755	0,0213	0,4388	4,3382	1,8134	1,1245
F	1,489 ^{ns}	4,605**	0,768 ^{ns}	0,761 ^{ns}	0,842 ^{ns}	2,849*	1,266 ^{ns}	0,438 ^{ns}	1,897 ^{ns}	1,565 ^{ns}
CV (%)	29,39	26,45	28,70	31,27	26,24	20,22	25,85	32,78	26,37	24,33

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns}=não significativo

Aos 25 DAE (Tabela 23), observou-se diferença apenas para o cobre, com tendência de aumento linear na quantidade acumulada. Apesar de não significativos, todos os nutrientes apresentaram tendência de aumento nas quantidades acumuladas, em decorrência das doses de fósforo.

A quantidade total acumulada de nutrientes aos 40 DAE (Tabela 24) não apresentou diferenças significativas, exceto para o cobre, que seguiu modelo linear de regressão, com tendência de aumento em consequência das doses de fósforo aplicadas.

Observou-se, aos 55 DAE (Tabela 25), que as quantidades totais acumuladas foram significativas somente para potássio, cálcio, magnésio, cobre e manganês. Para o potássio, o modelo que melhor ajustou foi o quadrático, diminuindo as quantidades acumuladas até 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aumentando o acúmulo até a maior dose avaliada. O cálcio e o magnésio seguiram a mesma tendência, aumentando linearmente em razão das doses de fósforo aplicadas. O cobre apresentou tendência quadrática semelhante à observada para o potássio. Já o manganês seguiu modelo linear crescente.

Aos 70 DAE (Tabela 26), observaram-se diferenças somente para fósforo e enxofre, ambos seguindo modelo linear, com aumento das quantidades acumuladas em decorrência das doses de fósforo aplicadas.

6.1.3.6 Contribuição percentual dos nutrientes de cada parte da planta, em razão de doses de fósforo e época de avaliação.

As Tabelas 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36 apresentam os dados referentes à participação percentual dos nutrientes de cada parte da planta em suas respectivas épocas de desenvolvimento.

As valvas e os grãos apresentaram, aos 70 DAE, maior concentração de fósforo do que qualquer outra parte da planta. Já para o S e o N, somente os grãos participaram com porcentagens mais elevadas em relação ao restante da planta. No caso do potássio, observou-se percentual elevado nas valvas e nos grãos, perdendo somente para as folhas.

Verificou-se que nitrogênio, fósforo e enxofre acumularam-se em maiores proporções nos grãos em relação às valvas, ao final do ciclo.

Já em relação ao restante da planta, verificou-se que nitrogênio, fósforo e enxofre acumularam-se, aos 70 DAE, em maiores quantidades, nos grãos; o potássio, o cálcio, o magnésio, o cobre, o ferro, o manganês e o zinco, nas folhas.

Na Tabela 27, aos 10 DAE, observou-se que a porcentagem de nitrogênio nas folhas apresentou decréscimo durante o ciclo da cultura, independente das doses de P avaliadas. Já em relação às doses, observaram-se maiores variações na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aos 40 DAE, tendo esta apresentado menor porcentagem do nutriente em relação às demais. Aos 55 dias, observou-se certa tendência de diminuição na participação do nutriente nas folhas, quando se aumentaram as doses de P no solo, o que se tornou bem visível aos 70 DAE. Já quanto ao caule, observou-se aumento nas porcentagens do nutriente em relação às demais partes, até os 40 DAE, diminuindo nas épocas seguintes, independentemente das doses de P. As valvas apresentaram diminuição na participação dos 55 DAE para os 70 DAE, para todas as doses de P.

Tabela 27. Contribuição percentual do nitrogênio em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de N)-----												
0	83,4	16,6	87,9	12,1	78,2	21,8	42,9	15,4	41,7	34,6	9,6	26,4	29,4
30	88,4	11,6	87,6	12,4	77,4	22,6	49,1	15,5	35,5	27,6	7,7	21,5	43,2
60	89,2	10,8	88,0	12,0	77,6	22,4	42,3	13,9	43,8	26,3	7,4	20,6	45,7
90	87,3	12,7	88,0	12,0	78,1	21,9	47,6	13,0	39,4	24,6	7,0	19,2	49,2
120	88,2	11,8	88,4	11,6	78,2	21,8	46,1	15,3	38,6	31,3	8,3	21,8	38,6
150	88,1	11,9	86,9	13,1	69,9	30,1	44,6	16,0	39,4	25,3	7,3	19,2	48,1

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 28. Contribuição percentual do fósforo em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de P)-----												
0	82,9	17,1	85,7	14,3	74,3	25,7	32,0	15,3	52,7	20,9	9,1	26,6	43,5
30	87,4	12,6	84,9	15,1	72,7	27,3	36,8	15,8	47,4	14,6	7,5	22,3	55,6
60	87,4	12,6	86,1	13,9	72,2	27,8	31,1	13,0	55,9	14,5	7,3	20,5	57,6
90	81,2	18,8	86,2	13,8	73,5	26,5	31,9	12,6	55,5	11,9	7,5	20,7	60,0
120	83,2	16,8	85,7	14,3	72,4	27,6	27,9	14,4	57,7	14,0	10,0	26,9	49,1
150	82,3	17,7	86,7	13,3	66,0	34,0	28,7	16,1	55,1	9,9	8,0	19,0	63,1

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 29. Contribuição percentual do potássio em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de K)-----												
0	73,1	26,9	80,2	19,8	74,4	25,6	46,6	16,9	36,5	38,3	13,5	34,2	14,0
30	79,3	20,7	77,8	22,2	74,4	25,6	48,4	19,0	32,6	33,2	16,8	30,9	19,2
60	80,9	19,1	79,3	20,7	72,3	27,7	42,2	17,5	40,4	32,3	14,8	31,0	21,9
90	78,5	21,5	79,6	20,4	73,4	26,6	46,5	19,1	34,4	32,0	14,4	29,6	24,1
120	79,5	20,5	80,7	19,3	74,0	26,0	46,9	19,6	33,6	30,3	16,1	35,6	18,0
150	80,5	19,5	79,5	20,5	64,8	35,2	39,1	25,2	35,7	27,2	17,9	29,4	25,5

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 30. Contribuição percentual do cálcio em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Ca)-----												
0	82,1	17,9	85,1	14,9	87,7	12,3	70,3	9,1	20,7	68,9	10,8	15,0	5,3
30	88,3	11,7	84,9	15,1	87,6	12,4	70,2	11,9	17,9	69,3	10,6	12,1	8,0
60	87,8	12,2	85,5	14,5	85,4	14,6	66,3	10,5	23,2	70,5	9,5	12,5	7,5
90	83,7	16,3	84,7	15,3	87,4	12,6	72,5	8,6	18,9	69,9	10,2	12,9	6,9
120	82,7	17,3	83,4	16,6	86,1	13,9	73,6	9,2	17,2	69,3	8,9	16,3	5,4
150	84,6	15,4	83,4	16,6	84,3	15,7	74,1	9,9	16,1	69,9	9,6	12,5	8,1

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 31. Contribuição percentual do magnésio em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Mg)-----												
0	84,5	15,5	87,5	12,5	84,3	15,7	53,5	16,1	30,4	38,9	22,5	30,9	7,6
30	88,9	11,1	86,7	13,3	83,2	16,8	56,4	18,1	25,5	38,1	21,7	26,7	13,5
60	90,0	10,0	87,0	13,0	82,2	17,8	50,9	17,0	32,1	39,6	19,5	27,3	13,6
90	87,4	12,6	87,2	12,8	84,3	15,7	56,8	15,6	27,7	37,7	21,3	25,7	15,3
120	88,5	11,5	88,1	11,9	84,5	15,5	58,6	14,8	26,6	42,8	17,8	28,8	10,6
150	90,5	9,5	88,3	11,7	79,4	20,6	58,4	16,1	25,4	42,8	16,9	22,6	17,7

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 32. Contribuição percentual do enxofre em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de S)-----												
0	61,8	38,2	64,2	35,8	73,0	27,0	37,7	29,7	32,7	22,7	21,2	25,2	30,9
30	69,3	30,7	63,2	36,8	65,3	34,7	41,8	33,9	24,3	19,4	22,7	23,3	34,6
60	74,0	26,0	68,3	31,7	62,3	37,7	37,0	29,3	33,7	22,5	25,1	16,1	36,3
90	67,2	32,8	68,2	31,8	64,8	35,2	39,0	28,8	32,2	23,8	19,7	19,5	37,1
120	63,6	36,4	65,3	34,7	62,6	37,4	41,4	28,3	30,3	27,5	21,0	18,7	32,8
150	69,0	31,0	67,1	32,9	55,4	44,6	31,4	33,8	34,8	19,6	20,6	15,4	44,4

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 33. Contribuição percentual do cobre em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Cu)-----												
0	80,2	19,8	86,1	13,9	68,7	31,3	35,8	14,8	49,4	49,9	34,3	12,6	3,2
30	85,1	14,9	83,6	16,4	68,9	31,1	47,6	28,8	23,6	48,7	33,6	12,8	4,9
60	88,1	11,9	83,2	16,8	57,6	42,4	49,1	38,4	12,5	44,7	29,2	21,9	4,1
90	87,7	12,3	84,0	16,0	68,5	31,5	57,3	29,9	12,8	42,3	30,6	11,5	15,6
120	83,1	16,9	77,4	22,6	80,7	19,3	70,0	14,0	16,0	42,4	28,7	18,0	10,9
150	87,9	12,1	78,7	21,3	60,7	39,3	67,2	19,7	13,2	38,6	34,8	13,3	13,2

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 34. Contribuição percentual do ferro em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Fe)-----												
0	96,7	3,3	96,8	3,2	91,7	8,3	81,4	12,9	5,7	80,5	11,7	6,3	1,5
30	97,6	2,4	95,1	4,9	90,3	9,7	74,0	20,3	5,8	65,6	20,2	9,8	4,4
60	98,1	1,9	95,6	4,4	91,5	8,5	75,7	20,3	4,0	73,7	14,0	9,1	3,2
90	97,6	2,4	92,9	7,1	91,5	8,5	77,6	19,1	3,3	78,0	12,8	4,9	4,2
120	97,0	3,0	94,9	5,1	93,0	7,0	79,9	14,0	6,1	81,6	11,7	3,5	3,3
150	97,8	2,2	93,6	6,4	89,9	10,1	83,6	11,2	5,2	76,4	13,8	3,0	6,8

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 35. Contribuição percentual do manganês em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Mn)-----												
0	94,7	5,3	94,2	5,8	90,8	9,2	73,0	11,5	15,5	66,8	15,2	12,0	6,0
30	95,3	4,7	93,7	6,3	87,6	12,4	69,3	13,6	17,1	60,6	15,2	15,5	8,7
60	95,3	4,7	94,2	5,8	85,4	14,6	63,0	14,4	22,6	55,6	11,9	23,5	8,9
90	95,6	4,4	93,5	6,5	86,3	13,7	70,1	12,9	17,0	64,4	14,9	8,8	12,0
120	94,9	5,1	93,9	6,1	86,9	13,1	71,3	9,5	19,2	65,1	11,2	14,3	9,3
150	94,2	5,8	93,7	6,3	84,7	15,3	74,8	11,2	14,0	58,6	9,5	18,5	13,4

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 36. Contribuição percentual do zinco em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “da seca”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Zn)-----												
0	91,4	8,6	90,3	9,7	85,3	14,7	35,4	30,1	34,5	32,5	26,1	21,8	19,5
30	94,3	5,7	91,1	8,9	85,1	14,9	43,6	28,5	27,9	29,4	26,0	21,2	23,5
60	95,4	4,6	91,1	8,9	78,6	21,4	43,0	23,1	33,8	28,7	23,7	23,1	24,6
90	92,2	7,8	90,9	9,1	83,6	16,4	44,8	20,9	34,4	28,2	25,4	21,3	25,1
120	91,8	8,2	90,7	9,3	85,6	14,4	42,2	23,0	34,8	29,5	24,8	27,0	18,7
150	93,8	6,2	91,2	8,8	79,0	21,0	41,1	26,5	32,4	28,0	19,0	22,7	30,3

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Já pela Tabela 28 observou-se que o fósforo não variou sua contribuição percentual em razão das doses de P para nenhuma das épocas amostradas, exceção feita para a dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, com que, a partir dos 40 DAE, ocorreu menor porcentagem na folha, em relação às demais doses de P. Em relação às épocas, observou-se aumento nas porcentagens de P nas folhas até os 25 DAE, diminuindo posteriormente, até o final do ciclo. Quanto ao caule, somente aos 40 DAE pôde-se observar que houve maior porcentagem de P no caule, em relação às outras épocas, ou seja, a porcentagem no caule aumentou até os 40 DAE, diminuindo posteriormente até o final do ciclo. Para as participações percentuais das valvas, observou-se diminuições aos 70 DAE, em relação aos 55 DAE, em consequência do grande percentual apresentado nos grãos (até 49,3%).

Na Tabela 29, observou-se, quanto às doses de P, que, aos 10 DAE, a porcentagem de potássio foi menor na folha do que no caule, em relação às demais doses. Aos 40 DAE, apenas na dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ observou-se variação nas porcentagens de potássio nas folhas, em relação ao caule, o mesmo acontecendo aos 55 DAE e 70 DAE, sempre com porcentagem na folha inferior às demais doses de P. Em relação às épocas, observou-se que as porcentagens de K nas folhas foram decrescendo até o final do ciclo. Já em relação ao caule, observou-se aumento na porcentagem até os 40 DAE, reduzindo posteriormente até o final do ciclo, pela partição do nutriente com a parte reprodutiva das plantas. Em relação às valvas, não se observaram reduções na participação percentual, entre as épocas avaliadas.

Para o cálcio (Tabela 30), observou-se que a porcentagem na folha aumentou até os 40 DAE para a testemunha, diferentemente das doses de 30 e $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, que mantiveram as porcentagens nas folhas com poucas variações até aquela época, diminuindo, porém até o final do ciclo. Já nas doses de 90 e 120, observaram-se aumentos nas porcentagens, semelhantes ao ocorrido com a testemunha. Após os 40 DAE, todas as doses avaliadas mantiveram as participações percentuais até o final do ciclo. Quanto ao caule, observou-se diminuição até os 55 dias para a testemunha, mantendo sua participação aos 70 DAE. Na dose de $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ocorreu aumento na participação percentual até os 25 DAE, reduzindo posteriormente até o final do ciclo. Para a dose de $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, aumentos na contribuição foram observados até os 40 DAE, com posterior redução nas épocas seguintes. Já nas doses de 90 e $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, ocorreram diminuições na participação percentual, durante

todas as épocas. A dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ revelou participação semelhante durante o período vegetativo e redução na participação do caule no período reprodutivo, porém, sem variações nas participações percentuais nesse período. Quanto as valvas, observou-se redução aos 70 DAE em relação a época anterior para todas as doses de P avaliadas.

A contribuição das folhas em relação ao magnésio (Tabela 31) mostra que não houve variação em função das doses de P, exceto aos 55 DAE, quando se observou tendência de aumento na participação. Aos 10 DAE, observou-se participação reduzida da testemunha em relação às demais doses de P. O caule apresentou aumento na contribuição percentual, durante o ciclo, para todas as doses de P avaliadas. Reduções na contribuição do magnésio no caule foram observadas à medida que se elevaram as doses de P no solo, aos 10, 25 e 70 DAE. Houve pequenas reduções na contribuição das valvas entre as épocas avaliadas, tendo-se observado aos 70 DAE, contribuição menor, em relação à época anterior. A contribuição dos grãos em relação às outras partes da planta seguiu as doses de P aplicadas, ou seja, aumentou concomitantemente com os aumentos nas doses de P.

Nas folhas, a contribuição do enxofre (Tabela 32) apresentou diminuição entre a primeira e a última época avaliada, exceto para a testemunha, em que ocorreu aumento na contribuição até os 40 DAE, para posterior diminuição. Em relação às doses de P, observou-se tendência de diminuição na contribuição aos 40 DAE, para folhas, e aumento, para os caules. Em relação às épocas, observou-se no caule aumento nas contribuições até os 40 DAE, com posterior diminuição na fase reprodutiva, independentemente das doses de P.

A contribuição percentual de cobre nas folhas (Tabela 33) apresentou diminuição em relação às épocas, para todas as doses de P avaliadas, exceto para a testemunha, que apresentou acréscimo até aos 25 DAE, diminuição na contribuição até os 55 DAE e novo aumento na última época avaliada (70 DAE). Quanto ao caule, observaram-se aumentos na contribuição até os 40 DAE, para todas as doses de P. Na fase reprodutiva, com valores de contribuição menores, aumentos foram observados dos 55 DAE para os 70 DAE. Aos 25 DAE, ocorreram diminuições nas porcentagens de contribuição de folha em consequência das doses de P, refletindo-se nas de caule. Aos 55 DAE, observou-se aumento na contribuição, acompanhando as doses de fósforo aplicadas no solo, o que se refletiu numa diminuição das porcentagens nas valvas. Aos 70 DAE, observou-se diminuição nas

porcentagens de contribuição, em decorrência das doses de P, pelo fato de que aumentou a contribuição dos grãos nessa época.

A contribuição percentual do ferro (Tabela 34) nas folhas apresentou diminuição durante o ciclo, para todas as doses de P avaliadas. Quanto ao caule, observou-se aumento na porcentagem de contribuição, até a última avaliação, para as doses de 0, 30 e 150 kg ha⁻¹ P₂O₅. Para as doses de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ P₂O₅, os aumentos ocorreram até os 55 DAE.

Segundo a Tabela 35, as contribuições percentuais de manganês nas folhas diminuíram com o desenvolvimento da planta até o final do ciclo, para todas as doses de P, que não influenciaram nas contribuições por época nas folhas, exceto aos 40 DAE, que houve tendência de queda quando as doses aumentaram. Para o caule, observaram-se acréscimos nas contribuições durante todo o ciclo para a testemunha e para a dose de 30 e de 90 kg ha⁻¹ P₂O₅. Para a dose de 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ os aumentos ocorreram até os 55 dias e para as doses de 120 e 150 kg ha⁻¹ P₂O₅ até os 40 DAE, diminuindo nas épocas seguintes. Quanto aos grãos, observou-se acréscimos na contribuição percentual, seguindo as doses de P aplicadas.

A contribuição percentual do zinco (Tabela 36) na folha revela diminuição durante o ciclo, para todas as doses de P avaliadas, o contrário ocorrendo com o caule, que apresentou aumento. Não foram observadas variações expressivas em decorrência das doses de P, exceto para aos grãos, que aumentaram as porcentagens de Zn à medida que se aumentaram as doses de P.

Aos 70 DAE, a contribuição de nitrogênio de cada parte da planta, em porcentagem, foi G > F > V > C, exceto para a testemunha, em que a contribuição foi F > G > V > C. Para o fósforo, os grãos participaram com maior porcentagem, seguidos por valvas, folhas e caules, para todas as doses de P. Quanto ao K, observou-se maior acúmulo porcentual de folhas, seguidos por ordem de acúmulo pelas valvas, grãos e caules até a dose de 90 kg ha⁻¹ P₂O₅. Nas doses de 120 e 150 kg ha⁻¹ P₂O₅, as valvas passaram a contribuir com maior porcentual, em relação as folhas. Já para o cálcio, a seqüência quantitativa foi F > V > C > G para todas as doses de P. O magnésio apresentou maior contribuição de folhas, seguidos em ordem decrescente de acúmulo por valvas, caules e grãos. O enxofre apresentou maior porcentagem nos grãos, porém, a contribuição das demais partes foi variada. Para o cobre e o ferro, a porcentagem de acúmulo de folhas foi maior que a de caule, valvas e sementes,

respectivamente. Já para manganês e zinco, aos 70 DAE, as folhas foram as que mais contribuíram percentualmente, em relação às demais partes.

6.1.3.7. Características fitométricas, componentes da produção e produtividade

São apresentados na Tabela 37 os componentes da produção do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Observa-se que não houve diferenças significativas para nenhum dos componentes avaliados, exceto para o número de plantas ($y = - 2,1667x^2 + 269,95x + 215529$ $R^2 = 0,36$). Karel & Mghogho (1985) estudando o efeito de densidade de semeadura na cultura do feijão, observaram que densidades entre 100.000 e 400.000 plantas ha^{-1} não influenciaram nos componentes de produção, concordando com o presente trabalho. Silva et al. (2005) também não obtiveram diferenças na produtividade, na maioria dos locais estudados, com populações variando entre 8 e 12 sementes por metro e espaçamento de 0,5 m.

Tabela 37. Componentes da produção e produtividade do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “da seca”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	Inserção da 1ª vagem	Comprimento de vagem	Vagem por planta	Grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Teor de água	Número de plantas	Produtividade de grãos
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	(cm)	(cm)	(n°)	(n°)	(g)	(%)	(pl. ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
0	15,0	9,3	10,6	4,0	25,04	12,3	209.600	1.708
30	15,8	9,2	10,8	4,2	23,98	12,4	228.400	2.179
60	16,2	9,4	11,8	4,3	23,05	12,2	232.800	2.358
90	15,4	9,4	12,4	4,3	24,39	12,7	214.600	2.094
120	14,8	9,3	10,0	4,0	25,49	12,5	208.200	2.107
150	17,4	9,7	11,8	4,0	24,93	12,7	213.800	2.331
F para:	1,059 ^{ns}	1,722 ^{ns}	1,817 ^{ns}	0,574 ^{ns}	0,369 ^{ns}	0,276 ^{ns}	2,721*	2,152 ^{ns}
CV (%)	13,10	3,27	13,39	12,13	13,19	6,57	6,36	16,79

* = significativo para o teste de regressão a 5% de probabilidade, ^{ns} = não significativo.

6.2 Período “das águas”

6.2.1 Aspectos climáticos durante o experimento

No período “das águas”, devido a maior umidade do solo, proporcionada pelas chuvas de maior intensidade e temperaturas mais altas, tem-se favorecido maior desenvolvimento da cultura do feijoeiro que em outras épocas. Durante a condução do experimento, ocorreram chuvas de média intensidade (30 - 40 mm), desde o início de desenvolvimento até a fase de pré-florescimento. Observou-se, porém, um “veranico” de aproximadamente 10 dias, no período de florescimento (Figura 2). Após esse período, chuvas voltaram a ocorrer até o final do ciclo. As temperaturas observadas foram superiores às do período “da seca” e favoreceram o desenvolvimento da cultura (Figura 2).

6.2.2 Acúmulo de massa de material seco

Para a determinação da curva de acúmulo de massa de material seco, assim como no período “da seca”, foram definidas épocas de amostragem, efetuando-se coletas de plantas quinzenalmente (Figura 19).

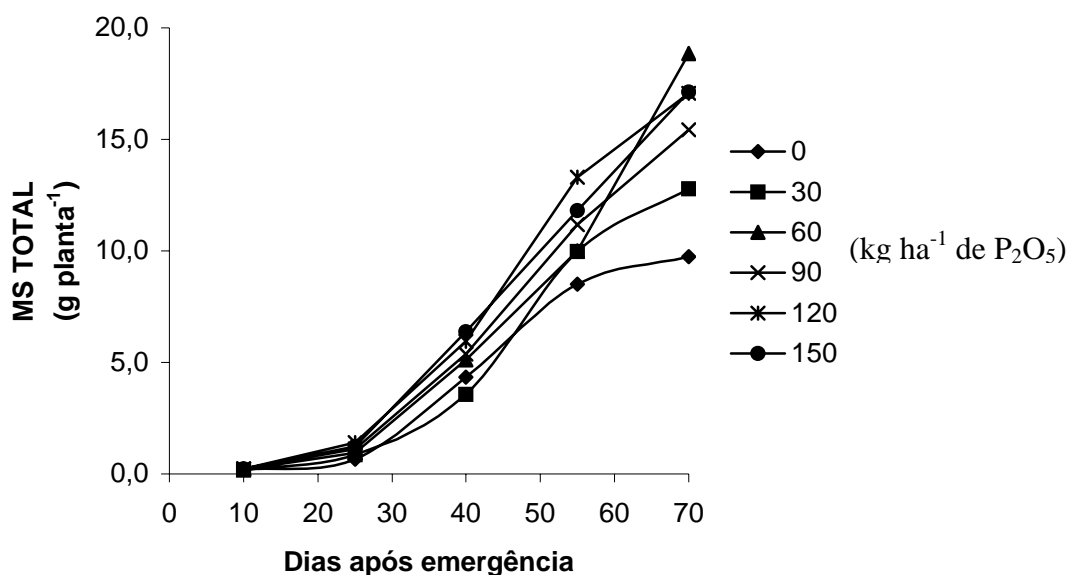


Figura 19. Massa de material seco acumulado na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, durante o ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Pela Figura 19, observa-se que houve aumento de massa de matéria seca durante todo o ciclo e para todas as doses de P. Os acúmulos máximos de matéria seca total ocorreram no período de florescimento e enchimento de vagens para todas as doses de P, com exceção feita para a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que apresentou acúmulo de matéria seca até o final do ciclo. Com exceção da dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, todas as doses seguiram um mesmo padrão, tendo as doses de fósforo influenciado no acúmulo de matéria seca, isto é, conforme as doses de fósforo aumentaram, a matéria seca de cada tratamento também aumentou.

Da emergência das plantas até os 25 DAE, não se observaram diferenças entre as doses de P, quanto à massa de material seco. A partir desse período, até os 40 DAE, porém, iniciou-se a diferenciação entre as doses de P, evidenciando o início da época de mais intensa acumulação, com as plantas já bem desenvolvidas e com capacidade de extrair maior quantidade de nutrientes do solo, resultados semelhantes aos obtidos por Gallo & Miyasaka, (1961), Haag et al. (1967), Cobra Netto et al. (1967), Demattê et al. (1974) e Fageria (1997).

No ponto de maior acúmulo de matéria seca, os grãos corresponderam a 53%, 51%, 51%, 55%, 56% e 51% da matéria seca total, respectivamente, para as doses 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. No florescimento, o acúmulo de matéria seca correspondeu a 65%, 47%, 43%, 52%, 54% e 56% da matéria seca total obtida.

6.2.3 Acúmulo de nutrientes

6.2.3.1 Acúmulo total de nutrientes nas folhas

Os dados referentes aos nutrientes presentes nas folhas para o período “das águas” são apresentados na Tabela 38.

Todos os nutrientes, com exceção do cobre e do ferro, apresentaram diferenças significativas entre as doses de P. Entre as épocas, todos os nutrientes diferiram com P<0,01. Quanto às interações, observaram-se efeitos somente para enxofre P<0,05, cobre P<0,01 e zinco P<0,01.

A apresentação das figuras foi baseada na significância do teste F. Sempre que ocorreu interação entre as doses de P, desdobrou-se em gráficos específicos. Porém, quando a interação não foi significativa, os gráficos foram apresentados separadamente, ou seja, significativos somente para doses de P ou para épocas.

A análise estatística revelou diferenças para o fator doses de fósforo para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e manganês, que se ajustaram ao modelo linear de regressão (Figura 20). A análise de variância mostrou significância P<0,01.

Observou-se aumento constante na quantidade acumulada de nitrogênio conforme as doses de fósforo no solo aumentaram. O acúmulo máximo de N, encontrado no presente trabalho, foi de 0,09 g planta⁻¹ ou 12,7 kg ha⁻¹ para a população final de plantas obtida. Valores superiores foram obtidos por Cobra Netto et al. (1971): 53,3 kg ha⁻¹ aos 56 DAE para o cultivar Roxinho; e por Pessoa et al. (1996), que obtiveram acúmulos entre 41,3 e 54,0 kg ha⁻¹ para o cultivar BR Ipagro I “Macanudo”.

Tabela 38. Quantidade acumulada de nutrientes nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha⁻¹ de P₂O₅)	------(g planta⁻¹)-----						------(mg planta⁻¹)-----			
0	0,0602	0,0033	0,0284	0,0623	0,0065	0,0018	0,0203	1,5829	0,3115	0,0959
30	0,0616	0,0032	0,0282	0,0693	0,0063	0,0022	0,0165	1,3623	0,3401	0,0911
60	0,0791	0,0045	0,0388	0,0970	0,0085	0,0031	0,0161	1,5091	0,4196	0,1226
90	0,0725	0,0041	0,0355	0,0842	0,0081	0,0030	0,0176	1,8012	0,4428	0,1184
120	0,0833	0,0050	0,0422	0,0913	0,0092	0,0031	0,0238	2,0388	0,4462	0,1370
150	0,0826	0,0050	0,0410	0,0932	0,0091	0,0032	0,0198	1,9927	0,4679	0,1263
Época (dias)										
10	0,0086	0,0003	0,0037	0,0052	0,0008	0,0002	0,0022	0,2397	0,0279	0,0081
25	0,0392	0,0025	0,0209	0,0282	0,0046	0,0015	0,0119	1,5738	0,1905	0,0533
40	0,1477	0,0088	0,0675	0,1101	0,0141	0,0042	0,0359	2,6146	0,5737	0,2089
55	0,1229	0,0066	0,0544	0,1474	0,0130	0,0038	0,0272	3,3867	0,7193	0,1933
70	0,0478	0,0027	0,0319	0,1235	0,0072	0,0039	0,0181	0,7578	0,5121	0,1124
F para:										
Trat. (T)	3,165*	4,488**	4,928**	2,422 ^{ns}	3,758*	6,715**	1,323 ^{ns}	1,332 ^{ns}	1,789 ^{ns}	3,063*
Época (E)	78,394**	58,891**	53,709**	67,508*	72,084**	39,581**	37,224**	15,895**	73,917**	65,533**
T x E	1,093 ^{ns}	1,366 ^{ns}	1,337 ^{ns}	1,539 ^{ns}	1,608 ^{ns}	2,246**	2,544**	2,103 ^{ns}	1,870 ^{ns}	2,501**
C.V. Trat (%)	39,43	46,13	38,74	54,42	41,94	42,77	65,82	69,09	58,79	44,61
C.V. Época (%)	49,96	58,64	53,60	50,22	45,46	55,84	61,82	103,03	45,01	51,03
C.V. TxE (%)	40,05	42,32	36,72	50,18	42,92	40,66	63,38	57,69	42,47	41,15

*,** = significativo para o teste de regressão a 5 e a 1% de probabilidade respectivamente.

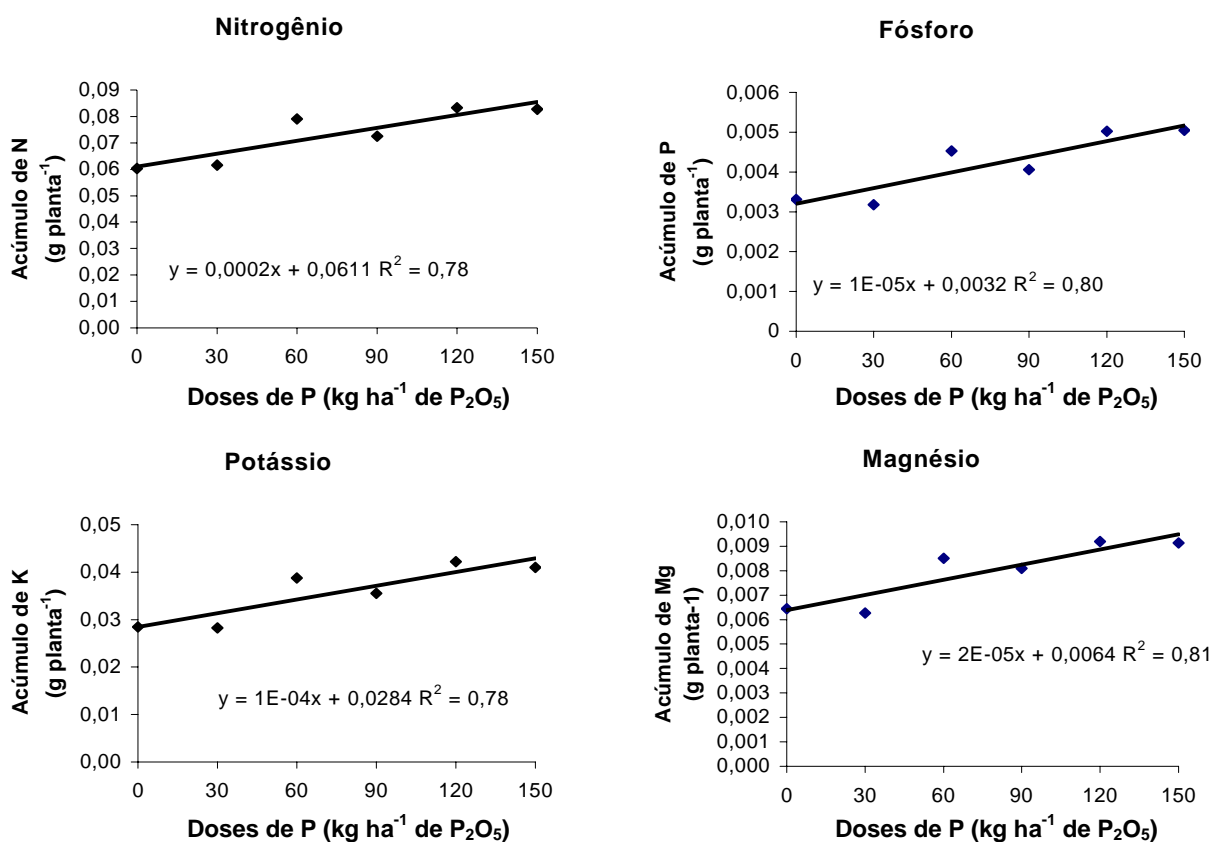


Figura 20. Quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio acumulada nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce em função de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu - SP, 2003.

Acúmulos constantes de fósforo nas folhas foram observados quando se aumentou a quantidade aplicada ao solo. O acúmulo máximo de fósforo nas folhas, dentre as doses avaliadas, foi de 0,005 g planta⁻¹ (0,75 kg ha⁻¹). Valores superiores foram observados por Cobra Netto et al. (1971), de até 4,6 kg ha⁻¹ aos 56 dias, após a semeadura para a variedade Roxinho. Amaral et al. (1980), na colheita, encontraram valores entre 1,5 e 6,0 g kg⁻¹, valores superiores aos encontrados no presente trabalho, que foram de 1,34 g kg⁻¹.

Aumentos na quantidade acumulada de potássio foram observados nas folhas, à medida que se aumentaram as doses de fósforo no solo, até a maior dose estudada. O acúmulo máximo de potássio, dentre as doses avaliadas, foi de 0,041 g planta⁻¹ (61,4 g ha⁻¹), resultado semelhante aos obtidos por Cobra Netto et al. (1971), que encontraram 57 kg ha⁻¹ aos 56 dias, após a semeadura para a variedade Roxinho. Comparando-se teores, Amaral et al.

(1980) encontraram entre 24 e 45 g kg⁻¹, valores superiores aos obtidos no presente experimento, sendo este de 20 g kg⁻¹.

O máximo acúmulo de cálcio, dentre as doses estudadas, foi de 0,09 g planta⁻¹ (13,4 kg ha⁻¹). Resultados superiores foram obtidos por Cobra Netto et al. (1971), que encontraram 39,4 kg ha⁻¹.

Observa-se aumento significativo no acúmulo de magnésio nas folhas, quando se aumentaram as doses de fósforo no solo, até a mais alta dose avaliada. Na dose de 150 kg ha⁻¹, observou-se acúmulo de 0,092 g planta⁻¹ (13,4 kg ha⁻¹). Cobra Netto et al. (1971) encontraram resultados semelhantes, sendo de 11,5 kg ha⁻¹.

O manganês ajustou-se ao modelo linear de regressão, com significância P<0,01, apresentando aumentos no seu acúmulo nas folhas, quando se aumentou a concentração de fósforo no solo. O acúmulo máximo de manganês, dentre as doses avaliadas, foi de 0,47 mg planta⁻¹ (70,2 mg ha⁻¹), concordando, em linhas gerais, com os acúmulos observados por Primavesi et al. (1984).

Dentre as épocas de avaliação estudadas, todos os nutrientes apresentaram diferenças significativas, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão com significância P<0,01 (Figura 21).

O acúmulo máximo de nitrogênio ocorreu aos 44,7 dias e foi de 0,12 g planta⁻¹ (18,5 kg ha⁻¹). Cobra Netto et al. (1971) observaram valor de 30,9 kg de N ha⁻¹, aos 46 dias, para a variedade Roxinho, apresentando resultados superiores aos do presente trabalho. Primavesi et al. (1985), em estudos de absorção de nutrientes e compactação, encontraram valores entre 0,094 e 0,107 g planta⁻¹, para o cultivar Rico Pardo, e entre 0,101 e 0,129 para o Aroana, em Latossolo Roxo, concordando em linhas gerais com o presente trabalho. Oliveira et al. (1996), Fageria & Souza (1995), Oliveira et al. (1996) e Pessoa et al. (1996), trabalhando com cultivares diferentes, encontraram valores superiores aos obtidos no presente trabalho.

No final do ciclo, observou-se diminuição no acúmulo de nitrogênio, fornecendo indicação de movimentação de nutrientes das folhas para os frutos, assim como observado por Gallo & Miyasaka (1961), Haag et al. (1967) e Mafra et al. (1974).

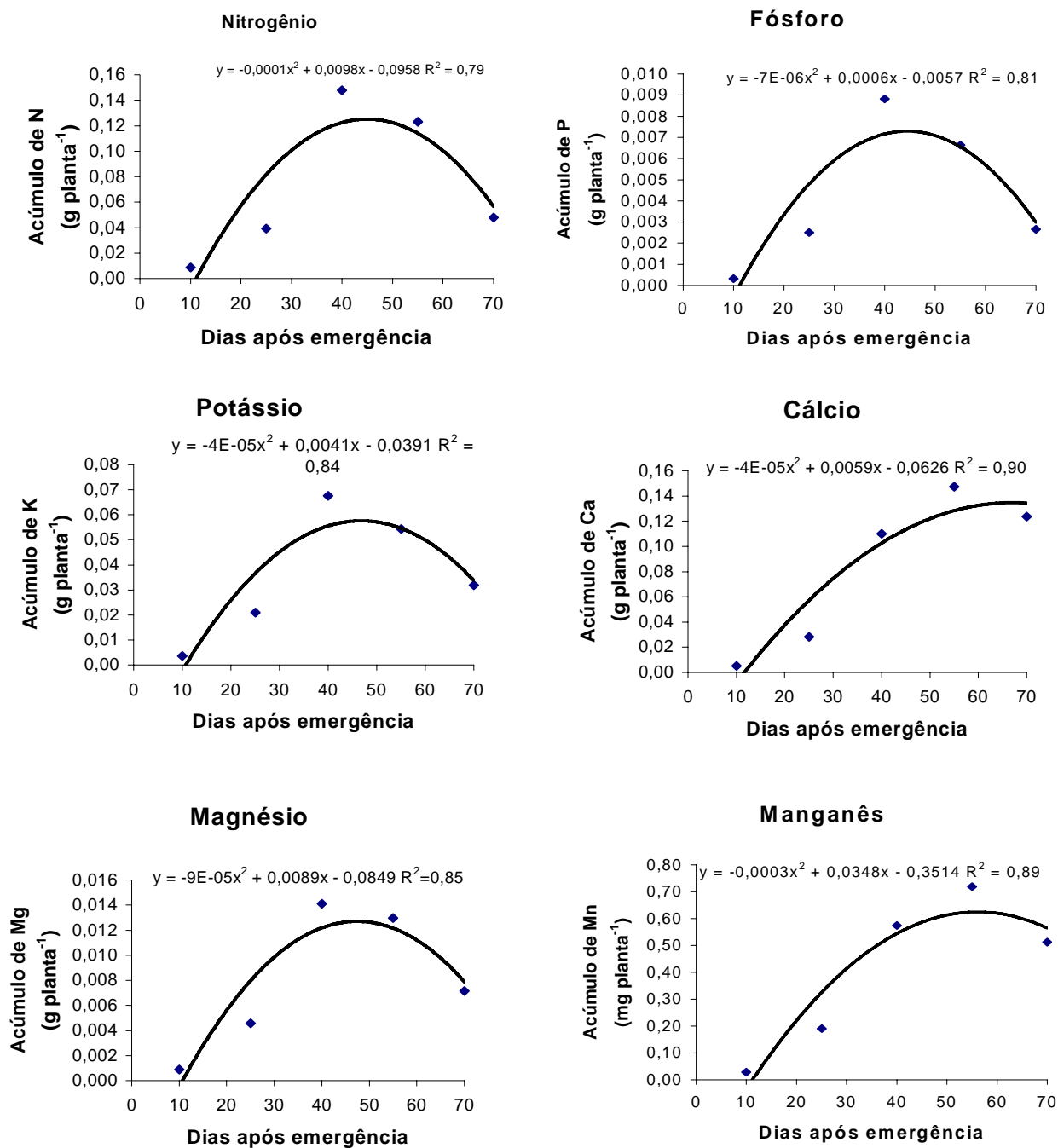


Figura 21. Quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e manganês acumulada nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, ao longo do ciclo da cultura, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”. Botucatu – SP, 2003.

O acúmulo máximo de fósforo nas folhas ocorreu aos 42 dias e foi de $0,0067 \text{ g planta}^{-1}$ ($1,0 \text{ kg ha}^{-1}$), diminuindo a partir desse período, o que indica translocação do nutriente para os frutos, já que os nutrientes que se acumulam em maior quantidade nos grãos são o nitrogênio e o fósforo. Em trabalho sobre absorção de elementos nutritivos pelo feijoeiro, Gallo & Miyasaka (1961) observaram acúmulos da ordem de 4 kg ha^{-1} no tratamento adubado, sendo superiores aos obtidos no presente experimento, porém com produção inferior. Valores superiores também foram relatados em trabalhos como os de Haag et al. (1967), Cobra Netto et al. (1971), Silveira & Moreira (1990), Pessoa et al. (1996) e Fageria (1997), sendo de $2,20 \text{ kg ha}^{-1}$, $1,77 \text{ kg ha}^{-1}$, $10,8 \text{ mg planta}^{-1}$, entre $1,7$ e $4,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e entre 4 e 6 g kg^{-1} , respectivamente.

O acúmulo máximo de potássio ocorreu aos 52 dias e foi de $0,067 \text{ g planta}^{-1}$ ($10,1 \text{ kg ha}^{-1}$), diminuindo posteriormente até o final do ciclo. Curvas semelhantes foram observadas por Gallo & Miyasaka (1961), porém, com valores próximos a 40 kg ha^{-1} no tratamento em que utilizou adubação. Valores semelhantes foram observados por Fageria (1997), que encontrou valores entre $8,5$ e $15,9 \text{ kg ha}^{-1}$.

O acúmulo máximo de cálcio nas folhas foi de $0,15 \text{ g planta}^{-1}$ ($22,5 \text{ kg ha}^{-1}$) e ocorreu aos 73,6 dias. Quantidades inferiores foram observadas por Cobra Netto (1971) e Primavesi et al. (1985), que obtiveram 10 kg ha^{-1} e entre $0,075$ e $0,112 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente. Gallo & Miyasaka (1961) também observaram acréscimos nas porcentagens de cálcio, durante o ciclo. Quantidades da ordem de 35 kg ha^{-1} foram observadas no ponto máximo de absorção, aos 53 DAE, sendo pouco superiores aos do presente trabalho.

O acúmulo máximo de magnésio ocorreu aos 49 dias e foi de $0,014 \text{ g planta}^{-1}$ ($2,1 \text{ kg ha}^{-1}$), diminuindo posteriormente a esse período, até o final do ciclo. Acúmulos superiores foram relatados por Cobra Netto et al. (1971), que encontraram valores de até $11,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Mafra et al. (1974) encontraram teores de $6,5 \text{ g kg}^{-1}$ aos 50 DAE, valores estes pouco inferiores aos obtidos no presente trabalho: de $7,4 \text{ g kg}^{-1}$.

O máximo acúmulo de manganês foi de $0,65 \text{ mg planta}^{-1}$ ($97,6 \text{ g ha}^{-1}$) e ocorreu aos 56 dias, época em que ocorreu a máxima acumulação, diminuindo posteriormente, até o final do ciclo da cultura.

O desdobramento do enxofre, dentro de cada época e de cada dose avaliada, é apresentado na Figura 22 e Tabela 39.

As épocas E1 e E2 não apresentaram diferenças significativas. Já E4 (55 DAE) ajustou-se ao modelo linear de regressão, com significância $P < 0,01$, enquanto E3 e E5 ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, com significância $P < 0,01$ e $P < 0,05$, respectivamente. O acúmulo máximo de enxofre nas folhas para E3 (40 DAE) ocorreu na dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e foi de $0,005 \text{ g planta}^{-1}$. Em E4, o modelo linear obteve $0,0042 \text{ g planta}^{-1}$, na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , e em E5, o acúmulo máximo foi na dose de 125 kg ha^{-1} de P_2O_5 e de $0,004 \text{ g planta}^{-1}$.

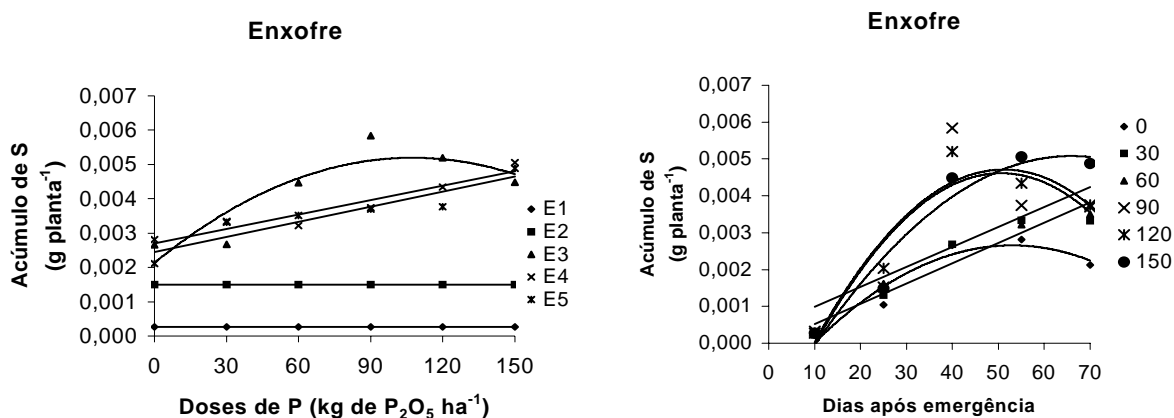


Figura 22. Enxofre dentro de cada época e de cada dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 39. Regressões polinomiais das quantidades de enxofre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0003	-
E2 = 0,0015	-
E3 = $-0,0000003x^2 + 0,00006x + 0,0021$	0,80
E4 = $0,00001x + 0,0027$	0,92
E5 = $-0,00000008x^2 + 0,00002x + 0,0024$	0,85
P d E ²	
D0 = $-0,000001x^2 + 0,00015x - 0,00136$	0,92
D30 = $0,00005x - 0,00003$	0,90
D60 = $0,00005x + 0,00045$	0,59
D90 = $-0,000003x^2 + 0,00029x - 0,00262$	0,74
D120 = $-0,000003x^2 + 0,00028x - 0,00252$	0,91
D150 = $-0,000002x^2 + 0,00022x - 0,00206$	0,94

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

Com exceção das doses 30 e 60, que se ajustaram ao modelo linear de regressão, com significância $P < 0,01$, todas as outras seguiram modelos quadráticos, com significância $P < 0,01$ para as doses de 90 e 120, e $P < 0,05$ para as doses 0, e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Os acúmulos máximos de enxofre ocorreram aos 75, 48,3, 46,7 e 55 DAE para as doses de 0, 90, 120 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 e foram de 0,0043, 0,0044, 0,0040 e 0,0039 g planta^{-1} , respectivamente.

O desdobramento de doses, dentro de épocas, para o cobre é apresentado na Figura 23 e Tabela 40.

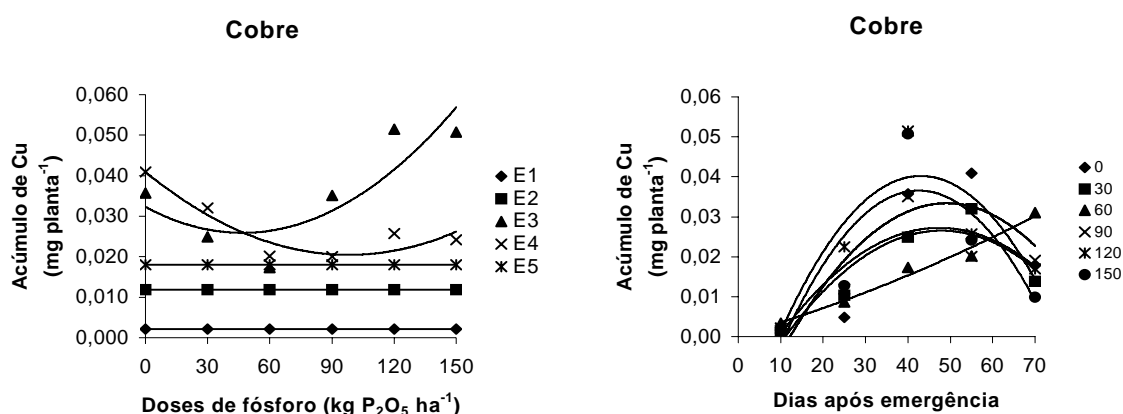


Figura 23. Cobre dentro de cada época e de cada dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 40. Regressões polinomiais das quantidades de cobre acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Equações de regressão P d E ¹	R ²
E1 = 0,0022	-
E2 = 0,0116	-
E3 = 0,000003x ² - 0,0003x + 0,0323	0,73
E4 = 0,000002x ² - 0,0004x + 0,0409	0,89
E5 = 0,0181	-
Equações de regressão E d P ²	R ²
D0 = -0,00002x ² + 0,0024x - 0,0258	0,71
D30 = -0,00002x ² + 0,0019x - 0,0184	0,84
D60 = 0,0004x - 0,0017	0,98
D90 = -0,00002x ² + 0,0018x - 0,0155	0,74
D120 = -0,00004x ² + 0,0031x - 0,0261	0,79
D150 = -0,00004x ² + 0,0031x - 0,0298	0,71

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

Dentre as épocas apresentadas, apenas a E3 e a E4 (40 e 55 DAE) foram significativas e se ajustaram ao modelo quadrático de regressão com significância $P < 0,01$ e $P < 0,05$, respectivamente. Já dentro de cada dose, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, com significância $P < 0,01$, exceto para a dose de 60, que se ajustou ao modelo linear.

Os acúmulos máximos de cobre ocorreram aos 60, 47, 60, 45, 39 e 39 DAE e foram de 0,047, 0,026, 0,031, 0,025, 0,033 e 0,087 mg planta^{-1} , respectivamente, para 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

O desdobramento do elemento zinco, dentro de cada época avaliada, é apresentado na Figura 24 e Tabela 41.

Em E1 e E2 (10 e 25 DAE) não houve diferenças significativas. E3 e E4 (40 e 55 DAE) ajustaram-se ao modelo linear de regressão com significância $P < 0,01$, e E5 (70 DAE) ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, com significância $P < 0,01$. Os acúmulos máximos para as épocas 3, 4 e 5 ocorreram nas doses de 150, 150 e 71 kg ha^{-1} de P_2O_5 e foram de 0,26, 0,24 e 0,16 mg planta^{-1} , respectivamente.

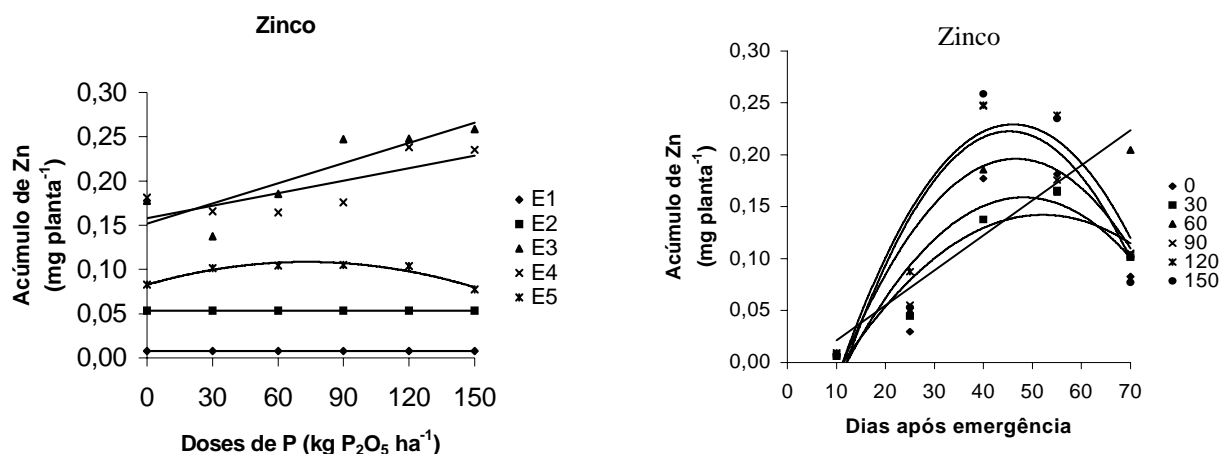


Figura 24. Zinco dentro de cada época e de cada dose avaliada para o feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Tabela 41. Regressões polinomiais das quantidades de zinco acumuladas nas folhas do feijoeiro cv. Carioca Precoce. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Equações de regressão E d P ¹	R ²
E1 = 0,0080	-
E2 = 0,0533	-
E3 = 0,00076x + 0,1519	0,75
E4 = 0,00047x + 0,1577	0,61
E5 = -0,000005x ² + 0,0007x + 0,0827	0,93
P d E ²	
D0 = -0,00012x ² + 0,0118x - 0,1244	0,75
D30 = -0,00009x ² + 0,0089x - 0,0905	0,87
D60 = 0,00337x - 0,0121	0,84
D90 = -0,00016x ² + 0,0147x - 0,1460	0,76
D120 = -0,00019x ² + 0,01748x - 0,1728	0,87
D150 = -0,0002x ² + 0,01826x - 0,1909	0,76

¹ = épocas dentro de doses de fósforo; ² = doses de fósforo dentro de épocas

Os acúmulos máximos de zinco ocorreram aos 49, 49,6, 70, 45,8, 46 e 45,7 DAE e foram de 0,16 mg planta⁻¹ (24,5 g ha⁻¹), 0,13 mg planta⁻¹ (19,6 g ha⁻¹), 0,20 mg planta⁻¹ (30,6 g ha⁻¹), 0,19 mg planta⁻¹ (28,6 g ha⁻¹), 0,23 mg planta⁻¹ (34,3 g ha⁻¹) e 0,23 mg planta⁻¹ (33,8 g ha⁻¹), respectivamente, para as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

6.2.3.2 Acúmulo total de nutrientes no caule

Os dados referentes aos nutrientes presentes no caule para o período “das águas” são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42. Quantidade acumulada de nutrientes no caule do feijoeiro cv. Carioca Precoce em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0243	0,0022	0,0196	0,0140	0,0050	0,0029	0,0100	0,4639	0,1059	0,0887
30	0,0242	0,0023	0,0231	0,0164	0,0062	0,0038	0,0104	0,5284	0,1234	0,0971
60	0,0294	0,0027	0,0298	0,0206	0,0072	0,0043	0,0076	0,8748	0,1389	0,1154
90	0,0309	0,0027	0,0265	0,0206	0,0069	0,0041	0,0111	0,5543	0,1488	0,1053
120	0,0343	0,0034	0,0332	0,0247	0,0084	0,0047	0,0114	0,6903	0,1609	0,1205
150	0,0333	0,0031	0,0285	0,0235	0,0085	0,0048	0,0114	0,6809	0,1608	0,1168
Época (dias)										
10	0,0019	0,0001	0,0016	0,0011	0,0002	0,0002	0,0004	0,0430	0,0040	0,0041
25	0,0049	0,0005	0,0058	0,0034	0,0010	0,0008	0,0014	0,1250	0,0147	0,0176
40	0,0522	0,0052	0,0391	0,0218	0,0071	0,0048	0,0116	0,5873	0,1051	0,1215
55	0,0522	0,0051	0,0464	0,0296	0,0109	0,0077	0,0215	1,4608	0,2542	0,1954
70	0,0357	0,0028	0,0408	0,0440	0,0160	0,0069	0,0169	0,9445	0,3209	0,1977
F para:										
Trat. (T)	5,193**	5,438**	8,637**	5,718**	5,827**	6,932**	0,932 ^{na}	5,162**	1,246 ^{ns}	1,952 ^{ns}
Época (E)	102,084**	64,89**	97,255**	177,476**	141,659**	187,333**	64,175**	81,957**	363,615**	120,337**
T x E	1,256 ^{ns}	1,543 ^{ns}	1,650 ^{ns}	1,621 ^{ns}	2,046*	1,547 ^{ns}	2,464**	6,928**	0,971 ^{ns}	1,348 ^{ns}
C.V. Trat (%)	32,46	35,67	31,02	42,79	39,00	32,29	71,91	51,58	69,97	41,76
C.V. Época (%)	45,52	60,75	44,16	37,18	43,64	33,78	61,73	56,43	29,27	43,43
C.V. TxE (%)	33,46	36,58	34,08	45,08	37,60	34,45	63,67	53,62	51,84	38,83

*,** = significativo para o teste de regressão a 5 e a 1% de probabilidade respectivamente.

De acordo com a análise de variância, as quantidades acumuladas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês e zinco, no caule, apresentaram significância $P < 0,01$. Nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, manganês e zinco ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, enquanto potássio e enxofre ajustaram-se ao modelo linear (Figuras 25 e 26).

O nitrogênio apresentou elevação na quantidade acumulada até os 49 DAE, quando ocorreu o acúmulo máximo, diminuindo posteriormente até o final do ciclo. O acúmulo máximo foi de $0,040 \text{ g planta}^{-1}$ ($6,0 \text{ kg ha}^{-1}$). Acúmulos semelhantes foram observados por Gallo & Miyasaka (1961), com valores próximos a $10 \text{ kg de N ha}^{-1}$. O nitrogênio, quando comparado em teores, seguiu a mesma tendência observada por Haag et al. (1967) e Mafra et al. (1974), ou seja, decresceu com o aumento da idade das plantas.

Observou-se acréscimo de fósforo no caule até os 55 DAE, com acúmulo máximo de $0,005 \text{ g planta}^{-1}$ ($0,81 \text{ kg ha}^{-1}$), valores estes semelhantes aos obtidos por Gallo & Miyasaka (1961), que obtiveram valores próximos de 1 kg ha^{-1} . Já Mafra et al. (1974) registraram valores superiores, chegando a $1,95 \text{ kg ha}^{-1}$. Em relação aos teores, foram observadas tendências semelhantes às encontradas por Cobra Netto (1967) e Mafra et al. (1974), porém, com teores inferiores. Comparando-se com Haag et al. (1967), observaram-se teores pouco superiores. Blasco et al. (1972), citados por Oliveira (1989), observaram variações entre $1,1$ e $2,6 \text{ g kg}^{-1}$ para cinco cultivares de feijão em trabalho de campo, valores que concordam com os do presente estudo.

Observou-se acréscimo na quantidade acumulada de potássio durante todo o ciclo da cultura. Aos 70 DAE, observou-se $0,051 \text{ g planta}^{-1}$ ($7,63 \text{ kg ha}^{-1}$). Valores superiores foram observados por Gallo & Miyasaka (1961), que obtiveram valores próximos a 15 kg ha^{-1} . Em relação a teores, Cobra Netto et al. (1971), Mafra et al. (1974) e Haag et al. (1967) obtiveram valores superiores aos observados no presente estudo. Amaral et al. (1980) encontraram valores que variaram entre $11,7$ e $33,2 \text{ g kg}^{-1}$, resultados que concordam com os do presente trabalho.

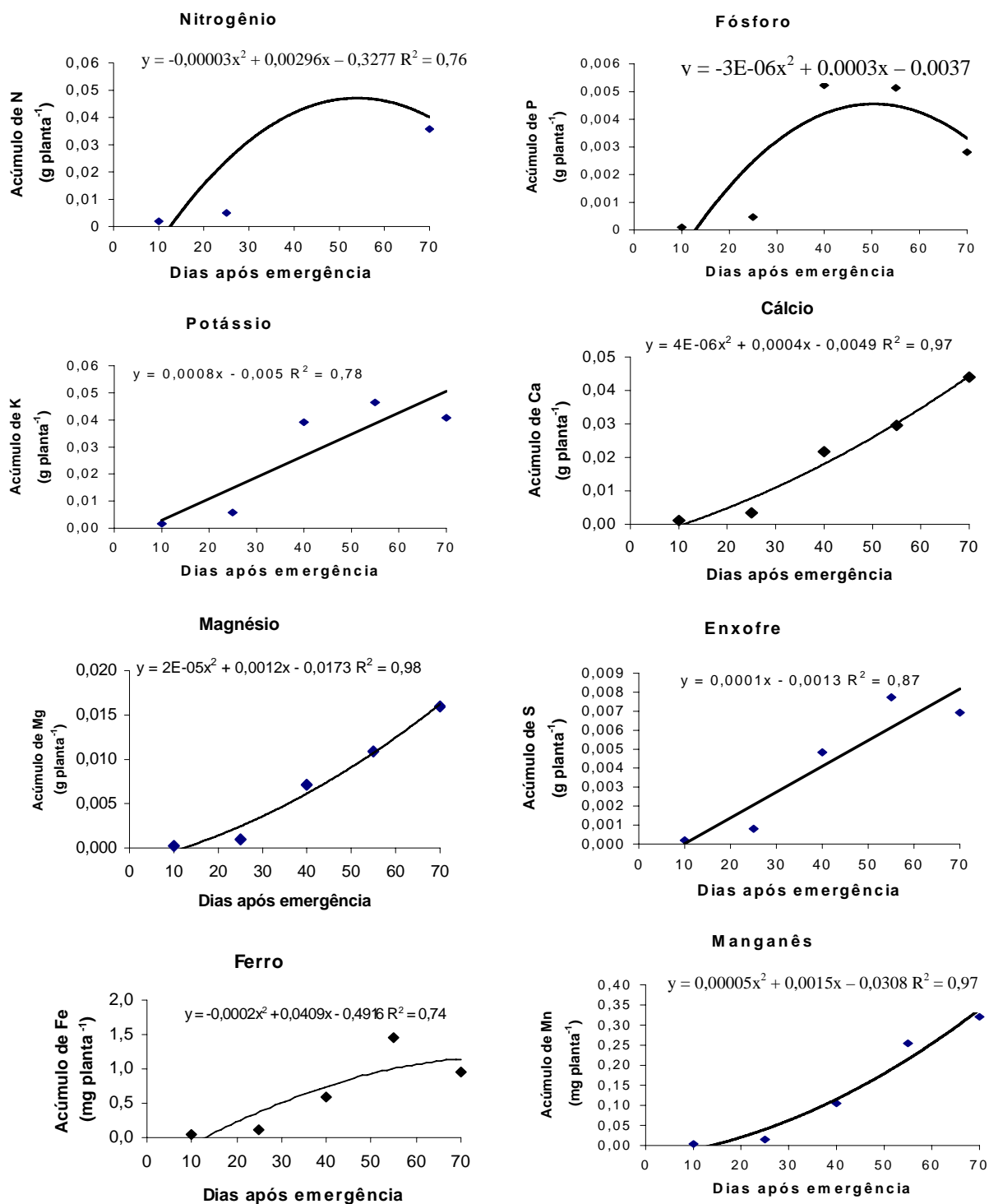


Figura 25. Quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro e manganês acumuladas no caule do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

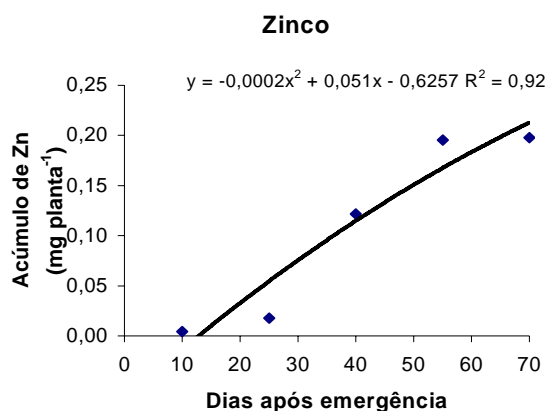


Figura 26. Quantidade de zinco acumulada no caule do feijoeiro cv Carioca Precoce, ao longo do ciclo, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

O cálcio apresentou acréscimos no acúmulo durante todo o ciclo. Aos 70 DAE, máxima quantidade acumulada foi de 0,043 g planta⁻¹ (6,4 kg ha⁻¹).

A curva de acúmulo de magnésio foi crescente por todo o desenvolvimento da planta. O máximo acúmulo ocorreu aos 70 DAE, absorvendo 0,016 g planta⁻¹ (2,47 kg ha⁻¹).

Observou-se acréscimo nos acúmulos de enxofre, durante todo o período avaliado. Observou-se um máximo acúmulo aos 70 dias, sendo de 0,0057 g planta⁻¹ (0,85 kg ha⁻¹). Valores superiores foram encontrados por Gallo & Miyasaka (1961), que obtiveram valores próximos a 2 kg ha⁻¹ no ponto de máximo acúmulo, assim como os observados por Cobra Netto et al. (1971). Valores próximos aos obtidos no presente estudo foram observados por Haag et al. (1967), inclusive em relação à tendência observada pelo gráfico.

Para o Fe, os acúmulos foram crescentes até os 48 DAE, decrescendo posteriormente até o final do ciclo. O acúmulo máximo observado foi de 5,87 mg planta⁻¹.

O manganês apresentou acréscimos durante todo o período avaliado. O acúmulo máximo apresentado foi de 0,35 mg planta⁻¹ (51,9 g ha⁻¹), aos 70 dias após emergência. Quanto aos teores, Blasco et al. (1972), citados por Oliveira (1984), observaram valores entre 25 e 322 mg kg⁻¹, valores estes que se enquadram com o presente estudo.

O zinco apresentou acúmulo durante todo o período avaliado, demonstrando acúmulo de $0,39 \text{ mg planta}^{-1}$ ($58,4 \text{ g ha}^{-1}$) aos 70 DAE. Quanto aos teores, Blasco et al. (1972), citados por Oliveira (1984), observaram, para as 5 variedades estudadas, teores variando entre 41 e 186 mg kg^{-1} , valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

6.2.3.3 Acúmulo total de nutrientes nas valvas

A Tabela 43 apresenta os dados referentes às médias dos acúmulos de nutrientes presentes nas valvas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, cultivado na época “das águas”, em Botucatu-SP, no ano de 2003.

Observaram-se, entre as doses de P, diferenças significativas para potássio, cálcio e cobre (Figura 27). A análise estatística apontou significância $P < 0,05$ para K, Mg, S e Zn e significância $P < 0,01$ para Ca, Cu e Mn.

Observou-se, pela Figura 27, aumento nas quantidades acumuladas de potássio, cálcio e cobre, quando as doses de fósforo no solo aumentaram. Pela análise de variância, as quantidades acumuladas de potássio, cálcio seguiram modelo linear, enquanto que a de cobre seguiu o modelo quadrático de regressão, com significância $P < 0,01$.

Na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , a quantidade acumulada de potássio foi de $0,07 \text{ g planta}^{-1}$ ($10,5 \text{ kg ha}^{-1}$). Quanto aos teores, Fageria et al. (1997), trabalhando com doses de fósforo em experimento de casa de vegetação, observaram valores superiores aos do presente trabalho, porém com a mesma tendência. Os dados obtidos também estão de acordo com os teores apresentados por Blasco et al. (1972), citados por Oliveira (1984), Amaral et al. (1980), Haag et al. (1967), e são superiores aos obtidos por Mafra et al. (1974).

Quanto ao cálcio, a dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou $0,045 \text{ g planta}^{-1}$ ($6,75 \text{ kg ha}^{-1}$). Tanto em dose de fósforo semelhante à utilizada por Cobra Netto et al. (1971) como na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , os resultados obtidos foram inferiores aos dos referidos autores, para a variedade “Roxinho”. Já Mafra et al. (1974) obtiveram $11,36 \text{ kg ha}^{-1}$, resultados semelhantes aos do presente estudo. Em relação aos teores, Cobra Netto et al. (1971) e Fageria et al. (1997) obtiveram valores superiores aos do presente estudo,

Tabela 43. Quantidade acumulada de nutrientes nas valvas do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo e épocas de avaliação. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	------(g planta ⁻¹)-----						------(mg planta ⁻¹)-----			
0	0,0573	0,0052	0,0412	0,0281	0,0113	0,0029	0,0294	0,9579	0,1772	0,1351
30	0,0669	0,0061	0,0501	0,0349	0,0138	0,0039	0,0471	0,9928	0,2486	0,1622
60	0,0683	0,0064	0,0600	0,0400	0,0159	0,0031	0,0614	1,3460	0,2752	0,1862
90	0,0680	0,0059	0,0567	0,0393	0,0148	0,0041	0,0644	1,5145	0,3049	0,1927
120	0,0729	0,0071	0,0645	0,0465	0,0164	0,0046	0,0511	0,8439	0,2754	0,2172
150	0,0760	0,0070	0,0696	0,0471	0,0175	0,0045	0,1014	1,0787	0,2732	0,1688
Época (dias)										
55	0,0986	0,0098	0,0590	0,0421	0,0162	0,0050	0,0386	1,8638	0,2919	0,2284
70	0,0379	0,0028	0,0551	0,0366	0,0137	0,0027	0,0797	0,3808	0,2262	0,1257
F para:										
Trat. (T)	0,574 ^{ns}	0,658 ^{ns}	2,716*	3,834*	2,473 ^{ns}	2,371 ^{ns}	5,772**	2,089 ^{ns}	2,357 ^{ns}	2,097 ^{ns}
Época (E)	61,704**	72,610**	1,178 ^{ns}	4,511 ^{ns}	8,051*	43,596**	34,802**	269,106**	25,982**	89,080**
T x E	0,236 ^{ns}	0,322 ^{ns}	0,499 ^{ns}	1,524 ^{ns}	0,715 ^{ns}	0,303 ^{ns}	7,900**	1,072 ^{ns}	2,051 ^{ns}	3,308*
C.V. Trat (%)	39,08	44,80	34,28	29,56	29,84	37,72	53,75	49,86	34,92	34,84
C.V. Época (%)	43,82	50,83	24,35	25,39	23,38	34,67	45,68	31,20	19,28	23,80
C.V. Tx E (%)	31,22	31,46	32,71	28,15	26,12	29,37	39,19	48,39	29,82	27,75

*,** = significativo para o teste de regressão a 5 e a 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

diferentemente do que foi observado por Mafra et al. (1974), Blasco et al. (1972) citados por Oliveira, (1984) e Haag et al. (1967), que obtiveram teores mais baixos.

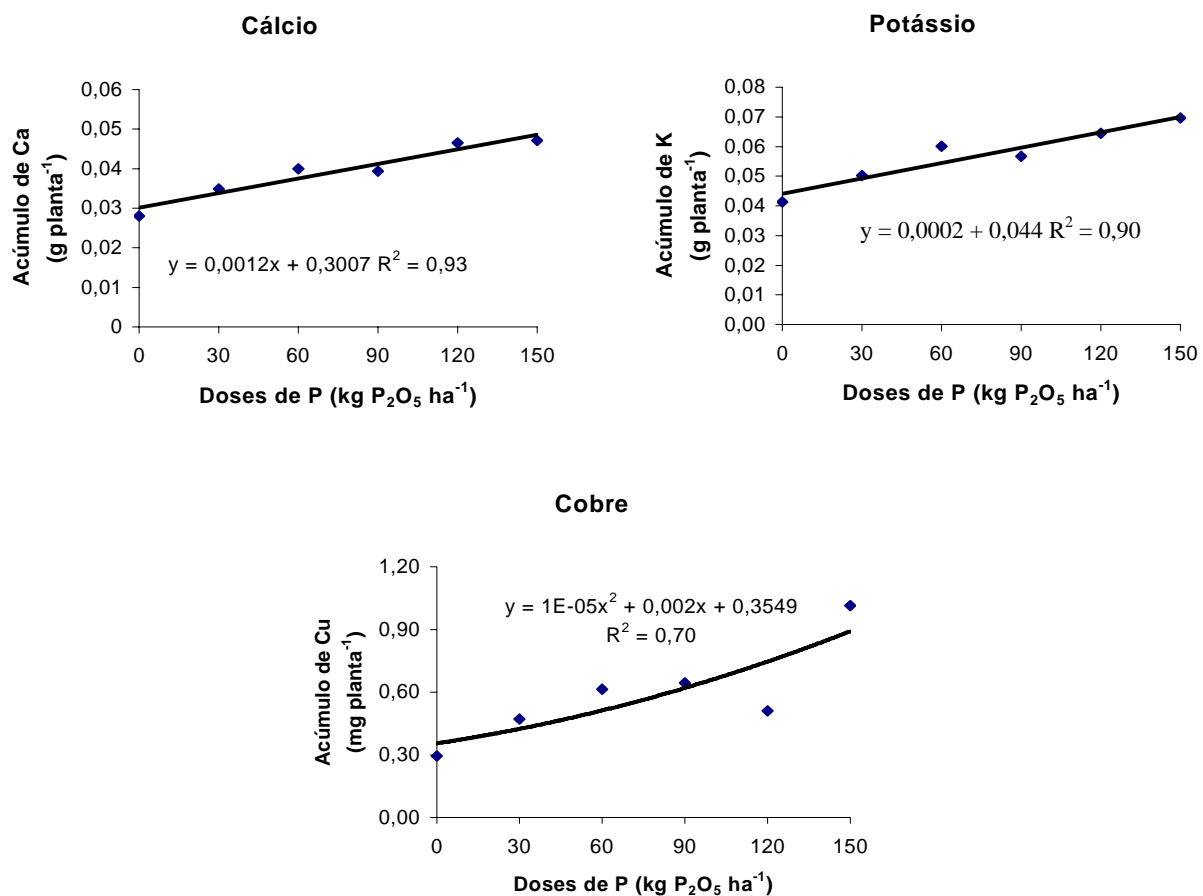


Figura 27. Quantidades de potássio, cálcio e cobre acumuladas nas valvas do feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Pôde-se observar um aumento na quantidade de cobre acumulada, seguindo o aumento das doses de fósforo aplicado via solo. O maior acúmulo de cobre observado ocorreu na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e foi de 0,10 mg planta⁻¹ (14,9 g ha⁻¹).

6.2.3.4 Acúmulo total de nutrientes nos grãos

São apresentadas na Tabela 44 as médias dos acúmulos de nutrientes nos grãos do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicadas via solo e avaliação realizada aos 70 DAE.

Observa-se que, entre as doses de P, todos os nutrientes foram significativos pelo teste de regressão, exceto Ca. Seguiram com significância $P < 0,01$ os nutrientes N, P, K, Fe, Mn e Zn e com significância $P < 0,05$, os nutrientes Mg, S e Cu.

O nitrogênio, o fósforo e o potássio apresentaram diferenças significativas pelo teste F, ajustando-se ao modelo linear de regressão com significância $P < 0,01$. As quantidades de magnésio acumuladas no grão, bem como a de enxofre, ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, com probabilidade $P < 0,05$ (Figura 28).

Observou-se aumento nas quantidades acumuladas de nitrogênio nos grãos, quando se aumentou a dose de fósforo aplicado até a maior dose avaliada. Na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , a quantidade acumulada de N foi de $0,21 \text{ g planta}^{-1}$ ($31,4 \text{ kg ha}^{-1}$). Pessoa et al. (1996), trabalhando com acumulação de nutrientes em função de lâminas de irrigação, observaram que os acúmulos de N variaram entre $33,4$ e $103,3 \text{ kg ha}^{-1}$, valores estes superiores aos do presente estudo.

Acréscimos nas doses de fósforo no solo promoveram aumentos na quantidade acumulada de P no grão, até a dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo de $0,021 \text{ g planta}^{-1}$ ($3,17 \text{ kg ha}^{-1}$). Pessoa et al. (1996), trabalhando com acumulação de nutrientes em função de lâminas de irrigação, observaram que os acúmulos de P, variando entre $4,9$ e $16,2 \text{ kg ha}^{-1}$, valores superiores aos do presente estudo.

Observaram-se aumentos nas quantidades acumuladas de potássio no grão quando se forneceu maior quantidade de fósforo ao solo, até a maior dose avaliada. Na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , a equação de regressão resultou valor de $0,072 \text{ g planta}^{-1}$ ($10,8 \text{ kg ha}^{-1}$). Pessoa et al. (1996), trabalhando com acumulação de nutrientes em função de lâminas de irrigação, observaram acúmulos de K entre $7,5$ e $30,4 \text{ kg ha}^{-1}$, valores semelhantes aos observados no presente estudo. Em relação aos teores, observaram-se valores entre $13,12$ e $15,83 \text{ g kg}^{-1}$, resultados semelhantes aos obtidos por Mafra et al. (1974), Amaral et al. (1980), e inferiores aos de Haag et al. (1967).

Tabela 44. Quantidade acumulada de nutrientes nos grãos do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,1203	0,0119	0,0364	0,0109	0,0052	0,0611	0,0563	0,3433	0,0715	0,1122
30	0,1423	0,0128	0,0462	0,0142	0,0068	0,0745	0,0740	0,4178	0,0841	0,1439
60	0,1953	0,0178	0,0642	0,0224	0,0101	0,0116	0,1291	0,7707	0,1432	0,2364
90	0,1821	0,0169	0,0571	0,0215	0,0095	0,0109	0,1456	0,4889	0,1389	0,2254
120	0,2016	0,0219	0,0712	0,0207	0,0103	0,0118	0,1191	0,6540	0,1628	0,2623
150	0,1840	0,0195	0,0642	0,0151	0,0093	0,0106	0,1123	0,6684	0,1248	0,2806
F para:										
Trat. (T)	2,541**	5,017**	3,556**	2,266 ^{ns}	4,207*	5,175*	2,611*	5,329**	6,594**	5,505**
CV (%)	37,46	32,44	38,58	56,74	36,73	33,85	62,92	40,72	36,40	43,10

*,** = significativo para o teste de regressão a 5 e a 1% de probabilidade respectivamente.

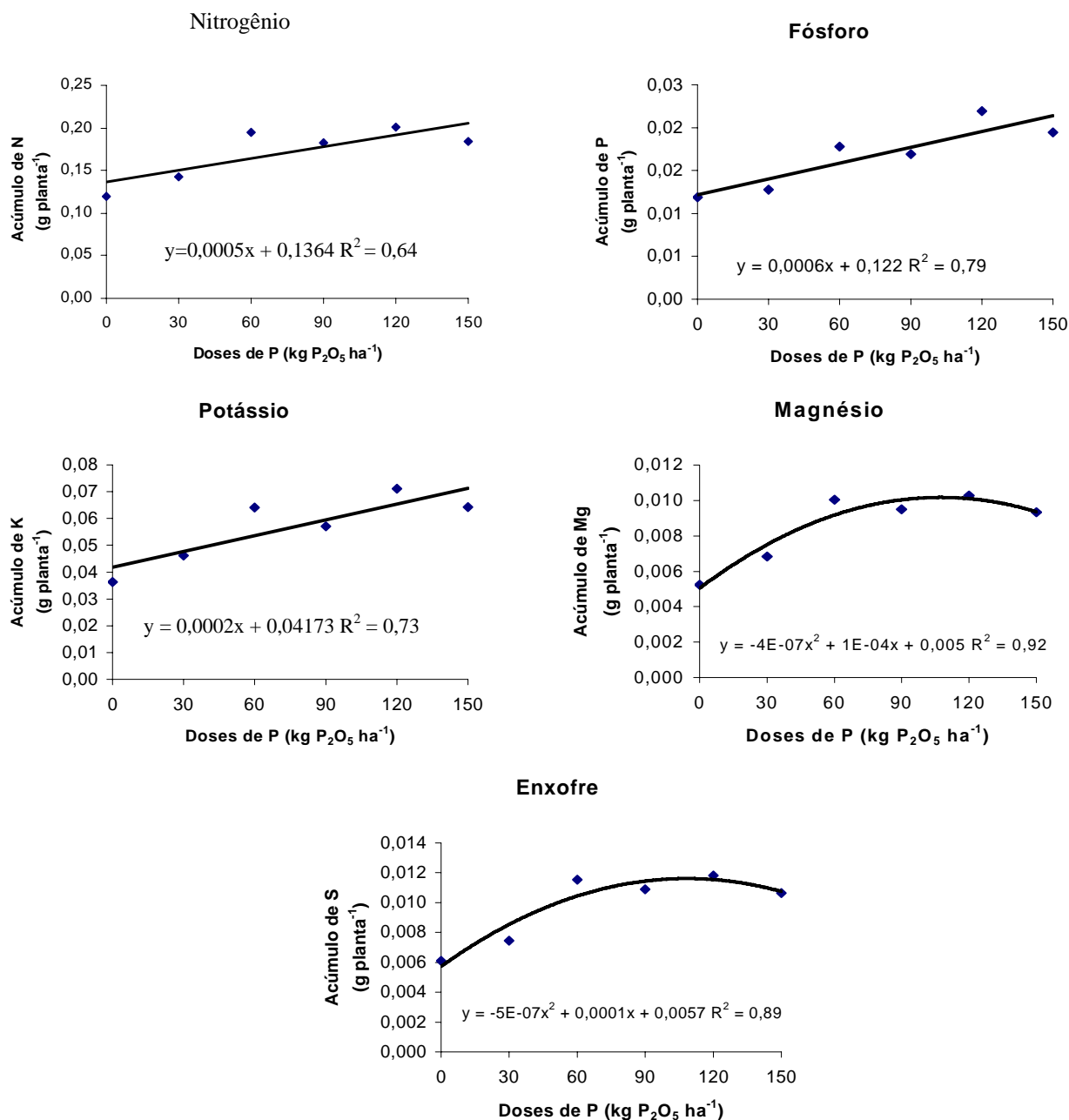


Figura 28. Quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre acumuladas nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

As quantidades acumuladas de magnésio aumentaram até a dose de 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅, diminuindo posteriormente até a maior dose de fósforo avaliada. No ponto de maior acúmulo, observou-se 0,011 g planta⁻¹ (1,65 kg ha⁻¹). Quanto aos teores,

observaram-se decréscimos quando se aumentaram as doses de fósforo aplicadas via solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Mafra et al. (1974).

A quantidade de enxofre acumulada nos grãos seguiu a mesma tendência apresentada para o magnésio, ou seja, aumento na quantidade acumulada até os 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e queda no acúmulo, nas doses mais altas de fósforo aplicadas. No ponto de maior acúmulo, observou-se 0,011 g planta⁻¹ (1,65 kg ha⁻¹). Quanto aos teores, valores superiores foram observados por Haag et al. (1967).

A Figura 29 apresenta os dados referentes às quantidades acumuladas de cobre, ferro, manganês e zinco nos grãos. Os nutrientes cobre e manganês ajustaram-se ao modelo quadrático com probabilidade P < 0,05 e P < 0,01, respectivamente. Já as quantidades de ferro e zinco ajustaram-se ao modelo linear de regressão, com probabilidade P < 0,01.

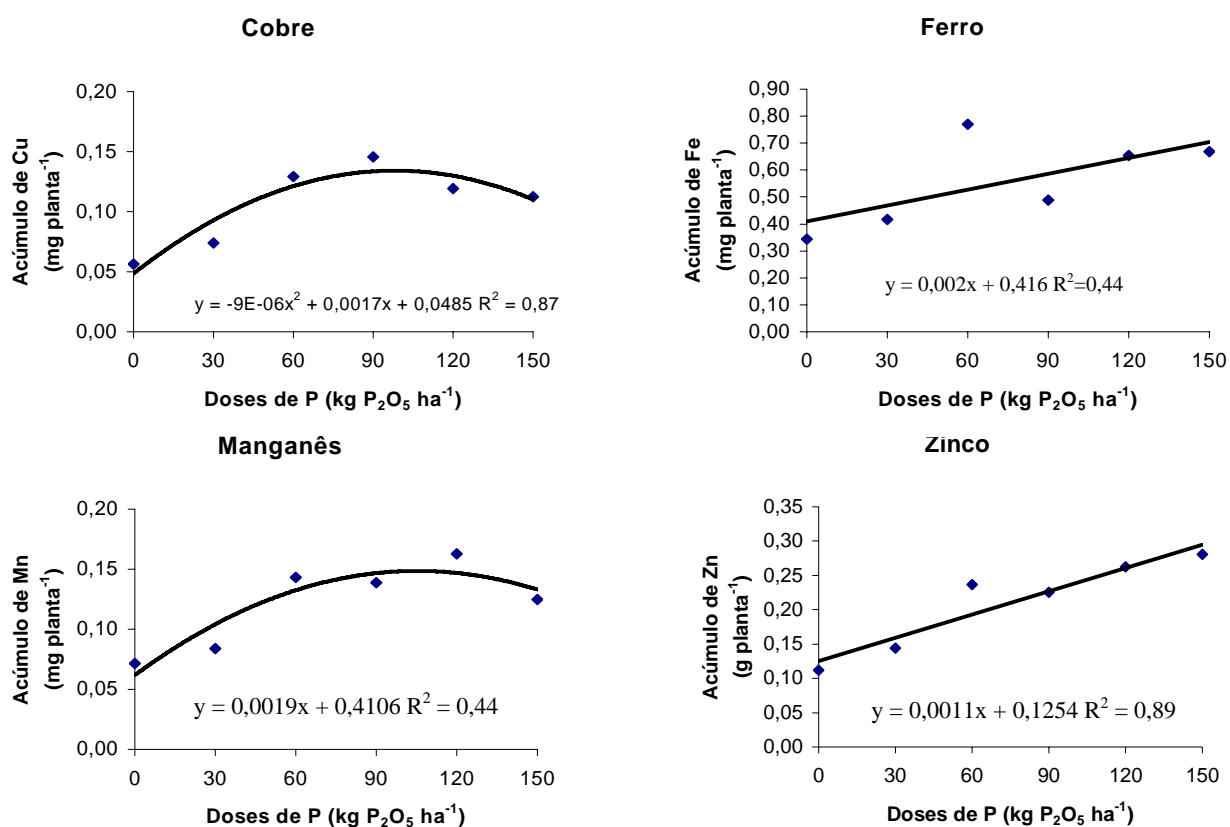


Figura 29. Quantidades de cobre, ferro, manganês e zinco acumuladas nos grãos do cultivar Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Observou-se aumento no acúmulo de cobre até a dose de 94,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅, diminuindo a quantidade acumulada nas doses superiores. No ponto de maior acúmulo, obteve-se 0,13 mg planta⁻¹ (19,5 g ha⁻¹).

Aumentos na quantidade de ferro acumulada foram observados até a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em que se obteve 0,70 mg planta⁻¹ (105,25 g ha⁻¹).

Pelo ajuste quadrático obtido, observou-se aumento no acúmulo de manganês até a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ponto de maior acúmulo. Nesse ponto, a quantidade acumulada foi de 0,14 mg planta⁻¹ (21 g ha⁻¹).

As doses de fósforo aplicadas via solo proporcionaram aumentos na quantidade de zinco acumulada até a maior dose avaliada. Na dose de 150 kg ha⁻¹, obteve-se 0,30 mg planta⁻¹ (44,9 g ha⁻¹).

6.2.3.5 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea da planta por época de avaliação

O acúmulo total de nutrientes (folha + caule + valvas + grãos) em função de doses de fósforo aplicado via solo para cada período de desenvolvimento da cultura (épocas), é apresentado nas Tabelas 45, 46, 47, 48 e 49.

Apresenta-se, pela Tabela 45, a quantidade total acumulada na parte aérea do feijoeiro cv Carioca Precoce, em decorrência de doses de P, aos 10 DAE. Observou-se, nessa época, que os nutrientes fósforo, magnésio e enxofre apresentaram quantidades acumuladas maiores, em decorrência das doses de P aplicadas. Já o Zn aumentou os acúmulos até a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, decrescendo nas doses maiores. Os demais nutrientes não apresentaram diferenças significativas.

Aos 25 DAE (Tabela 46), observou-se que, para todos os nutrientes, os efeitos das doses foram significativos. Houve elevação das quantidades acumuladas, em todos eles, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, diminuindo somente na maior dose (150 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Apresenta-se, na Tabela 47, a quantidade total de nutrientes na parte aérea, aos 40 DAE. Dos nutrientes avaliados, todos foram afetados significativamente. O nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco apresentaram acréscimos nas quantidades acumuladas, seguindo as doses crescentes de P

Tabela 45. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 10 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0096	0,0003	0,0051	0,0061	0,0009	0,0004	0,0250	0,2299	0,0289	0,0997
30	0,0093	0,0003	0,0045	0,0056	0,0009	0,0004	0,0164	0,2110	0,0240	0,0876
60	0,0107	0,0004	0,0053	0,0067	0,0011	0,0005	0,0366	0,3118	0,0320	0,1385
90	0,0118	0,0005	0,0056	0,0065	0,0011	0,0005	0,0244	0,3448	0,0344	0,1442
120	0,0109	0,0005	0,0058	0,0063	0,0013	0,0005	0,0264	0,2911	0,0342	0,1346
150	0,0107	0,0005	0,0055	0,0063	0,0013	0,0005	0,0228	0,3078	0,0379	0,1267
F	1,543 ^{ns}	8,784**	1,719 ^{ns}	0,849 ^{ns}	6,316**	2,734*	2,299 ^{ns}	1,716 ^{ns}	2,114 ^{ns}	9,365**
CV (%)	15,57	19,23	14,70	15,10	15,82	17,54	38,32	31,19	23,40	13,72

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ^{ns} = não significativo.

Tabela 46. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 25 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,0286	0,0018	0,0167	0,0215	0,0034	0,0017	0,0060	0,1154	0,1160	0,4315
30	0,0380	0,0022	0,0220	0,0280	0,0045	0,0021	0,0116	0,1530	0,1679	0,6114
60	0,0395	0,0027	0,0248	0,0282	0,0048	0,0025	0,0098	0,1391	0,1586	0,6908
90	0,0469	0,0030	0,0282	0,0331	0,0061	0,0023	0,0131	0,1998	0,2184	0,7705
120	0,0620	0,0045	0,0379	0,0443	0,0078	0,0028	0,0235	0,2248	0,3017	1,0420
150	0,0497	0,0035	0,0306	0,0343	0,0067	0,0024	0,0152	0,1871	0,2686	0,7080
F	4,793**	8,683**	5,811**	3,141*	6,744**	2,884*	3,844*	3,783*	5,389**	6,047**
CV (%)	26,58	24,58	25,46	30,85	25,35	20,67	51,25	27,76	33,21	25,75

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente.

Tabela 47. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 40 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,1778	0,0123	0,08871	0,1115	0,0180	0,0058	0,4519	3,1441	0,5687	0,2882
30	0,1432	0,0097	0,0791	0,1242	0,0151	0,0064	0,2927	1,3386	0,4311	0,2219
60	0,2020	0,0138	0,1107	0,1423	0,0203	0,0098	0,2590	2,5504	0,5802	0,3041
90	0,2152	0,0145	0,1151	0,1565	0,0226	0,0115	0,5479	2,7544	0,8012	0,3729
120	0,2271	0,0167	0,1227	0,1609	0,0250	0,0103	0,6580	4,3861	0,7691	0,3756
150	0,2337	0,0173	0,1233	0,1609	0,0265	0,0108	0,6376	5,0382	0,9227	0,4204
F	3,535*	3,616*	3,986*	3,187*	5,102**	10,563**	4,874**	3,412*	5,237**	0,4,179**
CV (%)	20,31	23,56	19,38	24,51	20,12	18,09	36,43	50,37	26,22	23,96

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente.

Tabela 48. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 55 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,2406	0,0178	0,1286	0,1786	0,0323	0,0124	0,7744	5,9042	1,0194	0,5476
30	0,2634	0,0204	0,1398	0,1912	0,0364	0,0156	0,8538	6,1856	1,1557	0,5839
60	0,2610	0,0209	0,1566	0,2035	0,0372	0,0146	0,5013	7,8936	1,1069	0,5670
90	0,2696	0,0204	0,1534	0,2341	0,0408	0,0166	0,6325	8,1340	1,4384	0,6272
120	0,3119	0,0264	0,1923	0,2619	0,0486	0,0204	0,8663	6,4098	1,5027	0,7784
150	0,2959	0,0236	0,1880	0,2452	0,0454	0,0192	1,6027	5,7405	1,3697	0,5982
F	0,531 ^{ns}	1,080 ^{ns}	1,812 ^{ns}	1,107 ^{ns}	1,775 ^{ns}	2,643 ^{ns}	6,956**	0,870 ^{ns}	0,960 ^{ns}	1,176 ^{ns}
CV (%)	28,96	29,71	26,61	31,88	25,38	24,80	37,37	37,07	35,60	27,93

** = significativo para o teste de regressão a 1% de probabilidade, ^{ns} = não significativo.

Tabela 49. Quantidade total acumulada de nutrientes na parte aérea do feijoeiro cv. Carioca Precoce, aos 70 DAE, em decorrência de doses de fósforo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	------(g planta ⁻¹)-----					------(mg planta ⁻¹)-----				
0	0,2901	0,0261	0,1453	0,1389	0,0337	0,0199	0,1857	2,2788	0,8195	0,4850
30	0,3596	0,0295	0,1910	0,2035	0,0445	0,0262	0,2402	2,8435	1,1869	0,6410
60	0,5171	0,0424	0,2810	0,3462	0,0645	0,0364	0,4022	3,6124	1,7299	1,0373
90	0,4203	0,0358	0,2181	0,2255	0,0496	0,0326	0,4188	2,4060	1,3212	0,7898
120	0,4726	0,0436	0,2658	0,2392	0,0556	0,0350	0,3133	3,0788	1,2538	0,9190
150	0,4613	0,0415	0,2485	0,2561	0,0596	0,0349	0,3111	3,7499	1,2991	0,9656
F	2,787*	3,498*	3,750*	3,729*	4,000*	5,254**	3,114*	2,779*	2,724*	4,911**
CV (%)	26,45	23,95	26,08	33,53	24,32	20,45	36,64	27,18	31,14	26,39

*, ** = significativo para o teste de regressão a 5 e 1% de probabilidade respectivamente.

aplicadas. Somente o enxofre apresentou resultado diferente dos demais, ou seja, aumentou o acúmulo até 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 , reduzindo-se posteriormente, nas maiores doses.

Na Tabela 48, pode-se observar que somente o cobre apresentou diferenças significativas, aumentando as quantidades acumuladas do nutriente conforme se aumentaram as doses de P aplicadas. Apesar de não significativos, todos os nutrientes apresentaram tendência de aumento nas quantidades acumuladas, seguindo as doses de P aplicadas.

Pela Tabela 49, pode-se observar que todos os nutrientes avaliados foram afetados significativamente. Entre os macronutrientes, acréscimos nas quantidades acumuladas ocorreram até a dose de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , reduzindo-se nas maiores doses. Ocorreu o mesmo para os micronutrientes manganês e zinco. Já para o cobre, ocorreram acréscimos nas quantidades acumuladas até os 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

6.2.3.6 Contribuição percentual dos nutrientes em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e da época de avaliação

São apresentadas nas Tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 e 59, as contribuições percentuais de macro e micronutrientes avaliados em cada parte da planta, em função de doses de P.

As valvas e os grãos apresentaram, durante o ciclo, maior concentração de nitrogênio, fósforo e potássio do que qualquer outra parte da planta, concordando com Gallo & Miyasaka (1961). No caso do potássio, observa-se que este também foi maior, discordando dos autores, que obtiveram valores menores que os observados para folha.

Verificou-se que nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, cobre, ferro e zinco acumulam-se em maiores proporções nos grãos, em relação às valvas, ao final do ciclo.

Já em relação ao restante da planta, verificou-se que nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cobre e zinco se acumularam em maiores quantidades nos grãos, o cálcio, o ferro e o manganês, nas folhas, e o magnésio distribuiu-se por toda a planta de forma semelhante.

Tabela 50. Contribuição percentual do nitrogênio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de N)-----												
0	82,1	17,9	88,5	11,5	74,5	25,5	45,1	18,7	36,2	9,3	9,1	9,5	72,1
30	81,4	18,6	88,7	11,3	74,4	25,6	44,5	18,6	37,0	12,0	8,1	10,1	69,7
60	83,4	16,6	88,4	11,6	74,8	25,1	44,9	18,1	36,9	16,1	8,2	7,8	67,9
90	82,7	17,3	88,8	11,2	72,8	27,2	41,8	19,8	38,3	9,9	8,4	7,8	74,0
120	79,2	20,8	91,4	8,6	74,1	25,9	45,7	20,6	33,7	8,6	8,6	8,6	74,2
150	83,6	16,4	86,3	13,7	73,0	27,0	47,2	18,4	34,4	11,1	8,7	10,9	69,3

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 51. Contribuição percentual do fósforo, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de P)-----												
0	74,9	25,4	85,7	14,2	62,4	37,6	30,5	21,8	47,7	6,4	8,2	7,3	78,1
30	77,9	21,7	85,1	14,9	59,9	40,1	28,4	24,6	47,0	7,5	8,0	8,9	75,7
60	79,8	20,6	83,7	16,4	62,7	37,3	32,1	22,4	45,5	10,9	7,6	7,6	73,9
90	77,9	22,4	84,3	15,8	62,2	37,8	29,3	24,1	46,6	6,5	7,6	6,3	79,5
120	75,9	24,2	88,0	12,0	64,5	35,5	29,7	27,4	42,9	5,1	7,5	6,8	80,5
150	79,1	21,0	79,9	20,1	63,5	36,5	34,3	21,6	44,1	6,9	7,7	8,7	76,7

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 52. Contribuição percentual do potássio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de K)-----												
0	71,7	28,2	80,0	20,0	65,0	35,0	37,0	25,1	37,9	13,6	20,4	23,2	42,8
30	69,6	30,4	79,0	21,0	62,3	37,7	32,8	30,2	37,0	13,2	19,5	25,4	41,8
60	69,5	30,5	77,6	22,4	62,4	37,6	32,8	30,9	36,3	18,0	18,5	22,5	41,1
90	68,6	31,4	76,9	23,1	63,6	36,4	31,9	28,8	39,3	13,7	17,3	24,3	44,6
120	64,6	35,4	82,5	17,5	64,5	35,5	34,3	33,5	32,2	11,6	18,5	25,2	44,7
150	71,3	28,7	74,3	25,7	62,2	37,8	35,5	25,1	39,5	14,0	15,8	26,1	44,1

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 53. Contribuição percentual do cálcio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Ca)-----												
0	82,6	17,4	88,4	11,6	83,9	16,1	69,4	11,1	19,4	50,3	20,6	15,5	13,7
30	83,7	16,2	89,9	10,1	64,4	35,6	69,0	13,3	17,7	51,5	18,3	17,6	12,6
60	83,2	16,7	88,3	11,7	73,2	26,8	68,2	13,6	18,1	61,1	14,7	12,4	11,8
90	82,9	17,1	89,5	10,5	77,5	22,5	64,6	15,0	20,3	50,3	18,7	13,8	17,3
120	79,5	20,5	92,3	7,7	79,4	20,6	65,4	15,9	18,7	46,7	20,1	18,4	14,8
150	82,8	17,3	86,1	13,9	83,3	16,7	68,1	11,3	20,5	50,8	22,2	17,2	9,9

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 54. Contribuição percentual do magnésio, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Mg)-----												
0	87,1	12,8	81,5	18,5	67,9	32,1	34,4	23,8	41,8	16,3	32,2	26,9	24,6
30	87,4	12,7	82,8	17,3	64,7	35,3	30,4	29,8	39,9	13,5	31,4	29,2	25,8
60	88,7	11,4	80,4	19,7	65,2	34,8	31,6	26,9	41,5	19,8	27,8	25,4	27,1
90	87,4	12,6	83,0	17,0	67,5	32,5	30,7	27,2	42,1	13,6	30,1	25,0	31,3
120	66,1	34,0	87,6	12,4	67,5	32,5	31,7	31,2	37,1	10,7	30,7	26,7	31,9
150	72,1	27,9	78,5	21,5	65,7	34,3	35,3	23,6	41,1	10,1	35,2	27,3	27,3

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 55. Contribuição percentual do enxofre, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de S)-----												
0	62,2	37,7	61,5	38,4	45,5	54,5	22,9	43,1	33,9	10,7	26,1	8,0	55,1
30	60,6	39,3	61,6	38,5	42,3	57,6	21,3	47,3	31,4	12,8	26,6	10,8	49,8
60	54,9	44,7	65,0	35,0	45,7	54,3	22,0	50,5	27,5	15,7	20,8	6,0	57,5
90	58,9	41,1	65,7	34,3	51,2	48,8	22,6	46,5	30,9	11,3	19,4	9,7	59,5
120	56,2	43,5	73,7	26,2	50,9	49,1	21,3	49,2	29,5	10,8	21,4	9,0	58,8
150	59,3	40,7	61,0	39,0	41,7	58,3	26,3	44,7	29,0	14,0	23,0	9,8	53,3

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 56. Contribuição percentual do cobre, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Cu)-----												
0	88,8	11,2	80,9	19,1	79,0	21,0	52,8	34,1	13,0	9,6	6,9	26,2	57,4
30	88,4	11,7	89,4	10,6	85,2	14,8	37,4	38,2	24,4	5,8	5,7	30,5	58,0
60	93,6	6,4	88,5	11,5	66,7	33,3	40,3	21,5	38,2	7,7	4,3	25,8	62,2
90	82,5	17,6	91,2	8,8	63,9	36,1	31,7	28,2	40,1	4,6	3,9	24,7	66,9
120	82,6	17,4	95,9	4,1	78,2	21,8	29,6	23,1	47,3	5,4	6,8	19,5	68,2
150	70,9	29,1	83,7	16,2	79,5	20,5	15,1	13,2	71,8	3,1	6,4	28,2	62,2

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 57. Contribuição percentual do ferro, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de Fe)-----												
0	89,2	10,8	92,9	7,1	81,2	18,8	61,0	11,8	27,2	21,3	40,6	13,5	24,6
30	89,2	10,8	92,6	7,4	71,5	28,5	51,4	21,2	27,3	37,6	28,5	10,3	23,6
60	87,4	12,6	92,2	7,8	82,9	17,1	34,8	38,1	27,1	31,3	21,7	15,2	31,8
90	79,1	20,9	93,6	6,4	73,9	26,1	52,2	15,9	31,8	24,1	23,2	18,2	34,5
120	81,1	18,9	95,0	5,0	84,1	15,9	55,9	21,3	22,9	17,9	39,8	7,2	35,1
150	85,8	14,2	89,0	11,0	86,1	13,9	51,7	19,0	29,3	19,5	36,4	12,7	31,5

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 58. Contribuição percentual do manganês, em cada parte da planta em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de N)-----												
0	89,7	10,3	92,6	7,4	84,8	15,2	58,9	19,0	22,1	41,7	29,0	15,7	13,6
30	90,0	10,0	93,9	6,1	84,0	16,0	56,2	19,7	24,1	43,0	25,9	18,4	12,7
60	87,8	12,2	92,9	7,1	80,5	19,5	58,5	19,1	22,3	46,7	20,5	17,5	15,3
90	86,7	13,3	92,4	7,6	85,5	14,5	54,4	20,1	25,6	39,0	24,0	18,3	18,6
120	83,9	16,1	94,4	5,6	86,8	13,2	53,8	23,4	22,7	35,2	26,2	16,7	22,0
150	87,9	12,1	90,8	9,2	84,4	15,6	60,4	18,3	21,3	35,1	29,3	19,6	16,0

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Tabela 59. Contribuição percentual do zinco, em cada parte da planta, em decorrência de doses de fósforo e épocas. Período “das águas”, Botucatu – SP, 2003.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Época (dias)												
	10		25		40		55			70			
	F	C	F	C	F	C	F	C	V	F	C	V	G
	-----(% de N)-----												
0	82,8	17,2	69,4	30,6	61,6	38,4	33,1	31,6	35,3	17,0	29,8	15,8	37,3
30	70,3	29,7	73,2	26,8	62,0	38,0	28,3	34,2	37,5	15,8	28,5	16,5	39,2
60	66,5	33,5	71,8	28,2	61,0	39,0	28,9	31,5	39,6	19,7	24,6	14,3	41,4
90	63,6	36,4	71,5	28,5	66,2	33,8	28,0	29,3	42,7	13,3	24,0	14,9	47,8
120	57,9	42,1	84,0	16,0	66,0	34,0	30,6	31,5	37,9	11,3	22,6	15,1	51,0
150	62,4	37,6	74,7	25,3	61,5	38,5	39,3	32,2	28,5	8,0	21,4	17,3	53,3

F = folha, C = caule, V = valva, G = grão

Observou-se, pela Tabela 50, que a porcentagem de participação do nitrogênio nas folhas aumentou, para todas as doses de P, apenas dos 10 DAE para os 25 DAE, ocorrendo diminuição na contribuição até os 70 DAE. Tendência de aumento na contribuição percentual de nitrogênio nas folhas, em decorrência das doses de fósforo, ocorreu somente aos 55 DAE. Quanto ao nitrogênio no caule, ocorreram reduções nas contribuições dos 10 para os 25 DAE em todas as doses de P, passando então a aumentar as contribuições até os 40 DAE, e ocorrendo posteriores reduções até os 70 DAE. As contribuições percentuais de nitrogênio nas valvas foram maiores aos 55 DAE, para todas as doses de P, em relação aos 70 DAE. Aos 55 DAE, acréscimos na contribuição de N foram observadas apenas até a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Já aos 70 DAE, observou-se que, exceto as doses de 0 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve tendência de acréscimo nas contribuições de N, em função das doses de P, nas maiores doses avaliadas.

As contribuições percentuais de fósforo, nas partes do feijoeiro, apresentadas na Tabela 51, mostraram que houve acréscimo nos percentuais de fósforo nas folhas, dos 10 DAE para os 25 DAE, para todas as doses de P avaliadas, decrescendo posteriormente até o final do ciclo (70 DAE). Entre as doses, houve tendência de aumento nas porcentagens de fósforo nas folhas, apenas entre 90 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 55 DAE. Quanto às porcentagens de fósforo no caule, observou-se que dos 10 para os 25 DAE, ocorreram decréscimos nas contribuições, passando a aumentar dos 25 para os 40 DAE, e novamente decrescer, até os 70 DAE, para todas as doses de P, exceto na de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em que não ocorreu diminuição sensível até os 25 DAE. Aumentos foram observados

aos 40 DAE e, após essa época, decrescendo até os 70 DAE. Dentre as doses de P aplicadas no solo, diminuições nas contribuições de fósforo no caule ocorreram somente aos 70 DAE, passando de 8,2% na testemunha para 7,5% na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Na Tabela 52, apresentou-se a contribuição do potássio nas diversas partes da planta, durante as épocas avaliadas e as doses de P aplicadas. Dentre as épocas avaliadas, houve aumento nas contribuições de potássio nas folhas, dos 10 aos 25 DAE, para todas as doses de P, reduzindo-se posteriormente até os 70 DAE. Entre as doses de P, houve tendência de diminuição nas contribuições, aos 10 DAE, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Reduções também foram observadas aos 25 DAE, entre as doses de P. Já aos 40 DAE, observou-se que entre as doses de 30 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ocorreu tendência de aumento nas contribuições, diferentemente das tendências ocorridas nas épocas anteriores. Para o caule, diminuições nas participações percentuais de potássio ocorreram dos 10 aos 25 DAE para todas as doses de P. Dos 25 aos 40 DAE ocorreram aumentos nas contribuições, reduzindo-se novamente nas épocas seguintes, até os 70 DAE. Entre as doses de P, aumentos nas contribuições ocorreram até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 10 DAE e até os 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 25 DAE. Aos 40 DAE, houve diminuição, diferentemente do ocorrido nas épocas anteriores. Aos 70 DAE, ocorreram diminuições nas contribuições quando se aumentaram as doses de P.

A contribuição de cálcio, em cada parte da planta (Tabela 53) apresentou aumentos na contribuição do nutriente nas folhas, para todas as doses, até os 25 DAE, diminuindo a partir dessa época sua contribuição percentual, até os 70 DAE. Entre as doses de P, observou-se tendência de aumentos na participação percentual nas folhas, entre 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 25 DAE. Aos 40 DAE ocorreram aumentos de porcentagem dos 30 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e, aos 55 DAE, revelaram-se resultados contrários, ou seja, ocorreu diminuição na contribuição com o aumento das doses de P. Quanto à participação percentual do caule, ocorreram resultados contrários aos observados para as folhas, dentre todas as doses de P, ou seja, redução nas contribuições até os 25 DAE, e acréscimos posteriores, até os 70 DAE. Entre as doses de P, observaram-se decréscimos nas contribuições aos 40 DAE, entre as doses de 30 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e acréscimos entre as doses de P, aos 55 DAE. Nas valvas, acréscimos foram observados na participação do cálcio somente aos 55 DAE, entre as doses de 30 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Pela Tabela 54, são observadas as contribuições percentuais do magnésio na parte aérea, em decorrência de doses de P aplicadas no solo. As folhas apresentaram diminuições nas contribuições, durante o ciclo da cultura, até a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nas maiores doses, houve aumentos nas contribuições percentuais até os 25 DAE, com posteriores diminuições até os 70 DAE. Tendência de aumentos nas contribuições de magnésio só ocorreram nas sementes, seguindo as doses de P aplicadas até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A Tabela 55 apresenta os dados referentes às contribuições percentuais do enxofre nas partes da planta. Nas folhas, observou-se, entre as doses de P, que as contribuições aumentaram até os 25 DAE, reduzindo-se gradativamente até os 70 DAE. Entre as doses de P, ocorreu tendência de aumento, desde a testemunha até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ocorrendo o contrário com a porcentagem no caule. Aos 55 DAE, porcentagens maiores de S nas folhas foram observadas, seguindo as doses de P. Quanto ao caule, aumentos nas porcentagens ocorreram até os 40 DAE para a testemunha e para 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, seguindo de diminuição nas épocas seguintes. Nas doses maiores, observaram-se diminuições nas contribuições, a partir dos 40 DAE.

O cobre, apresentado na Tabela 56, diminuiu a contribuição percentual nas folhas, desde a testemunha até os 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nas doses superiores, houve aumentos nas porcentagens até os 25 DAE, com posterior diminuição, até a última época avaliada. Dentre as doses de P, observou-se diminuição na contribuição percentual das folhas, aos 10 DAE, 55 DAE e 70 DAE. O caule apresentou aumentos de cobre até os 55 DAE para as doses de 0 a 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Com a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve diminuição até os 25 DAE, aumentos na época seguinte e redução nas próximas épocas. Com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve diminuição até os 25 DAE, aumentos na porcentagem até os 55 DAE e redução na época seguinte. Já para a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, observou-se diminuição nas porcentagens de contribuição, desde o início de desenvolvimento do feijoeiro. Entre as doses de P, observaram-se diminuições aos 25 DAE, aos 55 DAE entre os 30 e os 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e, aos 70 DAE, entre as doses de 0 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Observaram-se aumentos nas contribuições de cobre nas vagens dentre todas as doses de P aplicadas aos 55 DAE, ocorrendo o contrário aos 70 DAE. Quanto às sementes, observaram-se aumentos nas contribuições seguindo as doses de P aplicadas até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Pela Tabela 57, observaram-se aumentos nas contribuições de ferro nas folhas, dos 10 aos 25 DAE, reduzindo-se posteriormente, até os 70 DAE, para todas as doses de P. Entre as doses de P, houve diminuição da porcentagem de contribuição aos 10 DAE, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Aos 25 DAE, houve tendência contrária, aumentando até a mesma dose. Aos 70 DAE, observou-se redução nas contribuições, dos 30 aos 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para o caule, ocorreram diminuições nas contribuições até os 25 DAE, aumentando posteriormente até a última época avaliada. Entre as doses, aos 10 e 25 DAE, ocorreram tendências contrárias às observadas para as folhas, nas mesmas épocas. As sementes apresentaram aumentos nas contribuições, seguindo as doses de P aplicadas, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A contribuição do manganês nas folhas (Tabela 58) aumentou até os 25 DAE e reduziu-se, a seguir, até a última época avaliada, para todas as doses de P. Entre as doses de P, ocorreram diminuições nas contribuições aos 10 DAE, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Aos 25 DAE, em algumas doses de P, reduziram-se as porcentagens de contribuição de manganês. No caule, ocorreu efeito contrário ao ocorrido para as folhas, para todas as doses de P. Entre as doses, houve tendência de aumento na contribuição do caule, aos 10 DAE, até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aos 25 DAE, aumentando dos 30 aos 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e aos 55 DAE, aumentando até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O manganês nas sementes aumentou percentualmente, seguindo as doses de P aplicadas até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A contribuição do zinco, representada pela Tabela 59, revelou aumento nas folhas até os 25 DAE, reduzindo-se nas épocas seguintes, para todas as doses de P, exceto a testemunha, que reduziu durante todas as épocas. Entre as doses de P, houve redução nas porcentagens, aos 10 DAE, e aumentos aos 40 DAE até os 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Aos 70 DAE, houve reduções nas participações, até os 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Quanto ao caule entre as épocas, ocorreu diminuição nas porcentagens até os 25 DAE, com exceção da testemunha, seguindo-se de aumento até 40 DAE e redução até a última época avaliada (70 DAE). Entre as doses de P, observou-se efeito contrário aos ocorridos para o caule, aos 10, 40 e 70 DAE. Houve acréscimos na contribuição das sementes, seguindo as doses de P aplicadas.

A contribuição de nitrogênio em cada parte da planta, aos 70 DAE, em porcentagem, foi G > F > V = C, exceto para a testemunha, em que a contribuição foi G > V > F > C. Para o fósforo, os grãos participaram com maior porcentagem, não apresentando

um padrão definido para as demais partes. Quanto ao K, observou-se maior acúmulo porcentual nos grãos, seguido por valvas, caules e folhas, para todas as dose de P. Já para o cálcio, a seqüência quantitativa foi $F > C > V > G$ para todas as doses de P, exceto para a de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 , em que a participação dos grãos foi maior que a das valvas. O magnésio não apresentou um padrão definido de contribuição, tendo sido as folhas as que apresentaram menor participação. O enxofre apresentou maior porcentagem nos grãos, seguido pelo caule, folha e valva, para todas as doses de P. Para o cobre, a contribuição foi $G > V > F > C$. Para o ferro, a porcentagem de participação foi variada, tendo somente as valvas apresentado porcentagens menores que o restante. Para o manganês, as folhas apresentaram as maiores participações, seguidas pelo caule. Nas doses menores, as valvas apresentaram porcentagens maiores que os grãos, invertendo-se as posições nas doses de 90 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Para o Zn, a seqüência de contribuição foi $G > C > V > F$.

6.2.3.7 Características fitométricas, componentes da produção e produtividade

O solo em que foram instalados os experimentos, pela análise química, apresentava valor de P considerado baixo, o que seria condição necessária à obtenção de resultados positivos quanto ao acúmulo e à produtividade. Apesar das condições adequadas, verificaram-se diferenças somente quanto aos acúmulos, em decorrência das doses de P aplicadas. Na maioria das vezes, não apresentou, porém, diferenças quanto à produtividade.

A Tabela 60 apresenta os dados referentes aos componentes da produção do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicado via solo. Dentre os componentes da produção avaliados, apenas o número de grãos por vagem apresentou diferenças entre as doses de P ($y = -6\text{E-}05x^2 + 0,0122x + 3,8786$ $R^2 = 0,91$), com probabilidade $P < 0,01$ para o teste de regressão. Plantas nutridas com doses de 90 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 obtiveram vagens com maiores números de grãos. Já o tratamento sem adição de fósforo apresentou o menor número de grãos por vagem.

Tabela 60. Componentes da produção e produtividade do feijoeiro cv. Carioca Precoce, em decorrência de doses de fósforo aplicada via solo. Período “das águas”, Botucatu-SP, 2003

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Inserção da 1ª vagem (cm)	Comprimento de vagem (cm)	Vagem por planta (nº)	Grãos por vagem (nº)	Massa de 100 grãos (g)	Teor de água (%)	Número de plantas (pl. ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
0	13,7	8,8	6,5	3,9	23,78	15,4	143000	1151
30	14,0	9,4	6,4	4,2	23,99	16,8	153800	1328
60	15,2	9,4	6,7	4,3	24,16	17,9	149000	1392
90	14,1	9,6	6,8	4,5	24,51	16,5	155000	1498
120	14,8	9,4	8,1	4,6	22,87	16,0	148000	1685
150	14,3	9,4	7,1	4,3	24,20	16,1	149400	1568
F	0,731 ^{ns}	1,155 ^{ns}	1,559 ^{ns}	4,267 ^{**}	1,048 ^{ns}	1,291 ^{ns}	0,382 ^{ns}	1,741 ^{ns}
CV (%)	10,66	6,09	16,26	6,75	5,18	10,27	10,44	22,26

** = significativo para o teste de regressão a 1% de probabilidade, ^{ns} = não significativo.

6.3 Considerações finais

Tanto no período “das águas” quanto no período “da seca”, as folhas aumentaram o acúmulo de nutrientes, seguindo-se as doses de P aplicadas no solo, para todos os nutrientes avaliados. Durante o ciclo da cultura, observaram-se aumentos no acúmulo de nutrientes, até a fase de florescimento, havendo redução destes após esse período, principalmente pela translocação deles para as partes reprodutivas da planta.

As quantidades de nutrientes acumuladas no caule seguiram as doses de P aplicadas no solo, assim como observado nas folhas. Os acúmulos de nutrientes aumentaram com o desenvolvimento da cultura, até a fase de florescimento e início de formação das vagens, reduzindo-se as quantidades nas fases de enchimento de vagens e maturação, o que indica, mais uma vez, que há uma migração de nutrientes também deste órgão para as sementes.

As valvas, pela maior oferta de nutrientes proporcionada pelas folhas e caules, também apresentaram acréscimos no acúmulo, seguindo as doses de P. Durante seu desenvolvimento, observou-se que, no mesmo período em que folhas e caules estavam reduzindo suas quantidades acumuladas, as valvas foram as principais rotas dos nutrientes, sendo também as armazenadoras dos que compuseram os grãos. Esse fato pode ser observado pela diminuição nas quantidades acumuladas entre a fase de enchimento de vagens e a de colheita/maturação.

Nos grãos, em decorrência das doses de P aplicadas no solo e conseqüente aumento nas quantidades observadas nas folhas, caules e valvas, as quantidades acumuladas também seguiram as doses de P.

7 CONCLUSÕES

Os cultivos realizados nos períodos “das águas” e “da seca” proporcionaram quantidades semelhantes de matéria seca na parte aérea.

O cultivo no período “da seca” promoveu maior produtividade de grãos em relação à safra “das águas”.

O comportamento do cultivar Carioca Precoce seguiu as doses de fósforo aplicado no sulco de semeadura, para a maioria dos nutrientes, em ambos períodos de cultivo, aumentando a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea.

A seqüência quantitativa de acúmulo de nutrientes nas plantas (folha + caule + valva + semente), avaliadas em R9 em ambas as safras, foi: nitrogênio > cálcio > potássio > magnésio > fósforo > enxofre > ferro > manganês > zinco > cobre.

O acúmulo de nutrientes pelos grãos, no período “da seca”, foi: nitrogênio > potássio > cálcio > fósforo > magnésio > enxofre > zinco > manganês > ferro > cobre. No período “das águas”, a seqüência dos macronutrientes foi semelhante à do período “da seca”, modificando a seqüência dos micronutrientes: ferro > zinco > manganês > cobre.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M.W. Dry Bean Breeding in the United States. **II Simpósio Brasileiro de Feijão**, 1972, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 1972. vol. 1, p. 201-08.

AGGARWAL, V.D., MUGHOGHO, R.M., CHIRWA, R.M., SNAPP, S. Field-based screening methodology to improve tolerance of common bean to low P- soils.

Communication Soil Science Plant Analysis, v.28, p.1623-1632, 1997.

AGRIANUAL. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2003. 592p.

ALMEIDA, L.D., BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro.

Correio Agrícola, São Paulo, n. 1, p. 236-43, 1980.

AL-NIEMI, T.S., KHAN, M.L., MACDERMOTT, T.R. P metabolism in bean –

Rhizobium tropici symbiosis. **Plant Physiology**, vol. 113, p. 1233-1242, 1997.

AMARAL, F.A.L., REZENDE, H.E.C. de, BRASIL SOBRINHO, M.O.C., MALAVOLTA, E. Exigências de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da E.S.A. “Luis de Queiroz”**, v.37, p. 223-39, 1980.

AMBLER, J.E., BROWN, J.C. Cause of differential susceptibility to zinc deficiency in two varieties of navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) **Agronomy Journal**, v. 61, p. 41-43, 1969.

AMBROSANO, E.J., WUTKE, E.B., BULISANI, E.A., CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. **Boletim técnico do Instituto Agrônômico: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, n.100, 1997, p.194-95.

ANDRADE, M.J.B. de., KIKUTI, H., MORAIS, A.R. de., CARVALHO, J.G.de. Teores de micronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1097-1101.

ARAÚJO, A. P., TEIXEIRA, M. G., LIMA, E.R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na grão, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.26, p.183-9, 2002.

ARAÚJO, A.P., TEIXEIRA, M.G., ALMEIDA, D.M. Variações ontogenéticas no crescimento radicular e na absorção de fósforo em genótipos de feijoeiro. In: **REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 5, 1996. Goiânia. **Resumos expandidos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1996. p.115-17.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E. & BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.233-248.

ARF, O., TOLEDO, A.R.M. de, BUZETTI, S., SÁ, M.E. de, FUJIWARA, R.H. Estudo de espaçamentos e densidades na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Adubação em função da população de plantas. In: **REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 3, 1990, Vitória. **Resumos**. Vitória: EMCAPA, 1990. Resumo 189. (EMCAPA. Documentos, 62).

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Wiley-Interscience, 1984. 398p.

BARROS, B.C., OLIVEIRA, S.H.F., LEITE, L.G., ITO, M.F., CAMPOS, T.B., OLIVEIRA, C.M.G., SANAZZARO, A.M., CASTRO, J.L., PINZAN, N.R. **Manejo integrado de pragas e doenças das culturas: feijoeiro**. 2000. 90p.

BASSINELO, P.Z., OLIVEIRA, M.G. de C., RODRIGUES, L.L., SOARES, D.M., DEL PELOSO, M.J., SILVA, C.C. da., THUNG, M. Decoada e outros químicos para reduzir o tempo de cocção e seus efeitos na qualidade culinária de feijão. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia. **Anais VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**. Goiânia: Safra Gráfica e Editora Ltda, 2005. p. 691-4.

BENNETT, W. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. In: BENNETT, W. (Ed.). **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. 2 ed. St. Paul - Minnesota: APS Press, 1994. p. 1-7.

BOAWN, L.C., RASMUSSEN, P.E., BROWN, J.W. Relationship between tissue zinc levels and maturity period of field beans. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 49-51, 1969.

BONSER, A.M., LYNCH, J.P., SIEGLINDE, S. Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris*. **New Phytologist**, v. 132, p. 281-288, 1996.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro “Rico 23” à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Revista Ceres**, v.19, n.103, p.222-26, 1972.

BRANDES, D. **Análise de crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Efeito da densidade e da época de plantio.** Viçosa, 1971. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa.

BULISANI, E.A. **Crescimento e absorção de nutrientes em cinco cultivares de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.** Piracicaba, 1994. 150p. Tese (Doutor em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “*Luiz de Queiroz*”, Universidade de São Paulo.

BULISANI, E.A. Nutrição e Adubação do Feijoeiro. In: BULISANI, E.A., ALMEIRA, L.D.de., ROSTON, A.J., COSTA, A.S., SGARBIERI, V.C. **Feijão: Fatores de produção e qualidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.89-161.

CAKMAK, I., HELENGER, C., MARSCHNER, H. Changes in phloem export of sucrose in leaves in responses to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 45, p. 1251-1257, 1994.

CARVALHO, W.A., ESPÍNDOLA, C.R., PACOLA, A.A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1983. 95 p. (Boletim técnico, 1).

CARVALHO, A.M., FAGERIA, N.K., KINJO, T, OLIVEIRA, I.P. Distribuição e nível crítico de fósforo na parte aérea do feijoeiro cultivado em diferentes solos sob vegetação de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.719-24, 1993.

CARVALHO, A.M., FAGERIA, N.K., OLIVEIRA, I.P., KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p. 61-67, 1995.

CATI – COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Feijão Carioca Precoce**. CATI Responde 45, Campinas: Centro de Comunicação Rural – CECOR, 2001.

COBRA NETTO, A. **Absorção e deficiência dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho)**. Piracicaba, 1967. 67p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

COBRA NETTO, A., ACORSI, W.R., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). **Anais da E.S.A. “Luiz de Queiroz”**, v.28, p. 257-274, 1971.

COELHO, F.A.S., TELLA, R. de. Absorção de nutrientes pela planta de amendoim em cultura de primavera.. **Bragantia**, v.26, p.393-408, 1967.

CORRÊA, P.C., RESENDE, O., FARONI, L.R. D’A. Influência da temperatura na absorção de água do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenado na presença de insetos *Acanthocilides obtectus* (SAY). In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia. **Anais VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**. Goiânia: Safra Gráfica e Editora Ltda, 2005. p. 691-4.

COSTA, A. **Calagem e adubação fosfatada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): efeito sobre cultivares e sobre a absorção e utilização do fósforo**. Viçosa, 1985. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa.

COSTA, A.G.C. da, PINHEIRO, B. da S. Apresentação. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia. **Resumos expandidos**. Santo Antonio de Goiás: Safra Gráfica e Editora Ltda, 2005.

COYNE, D.P. Correlation of yield components in beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. Michigan, v.12, p. 13-15, 1969.

DEL PELOSO, M.J. Estudo de população de plantas na cultura do feijoeiro de inverno no Estado de Goiás. In: **Reunião Sobre Feijão Irrigado** (GO, DF, MG, ES, SP, RJ). 1, Goiânia. 1998. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. p. 85-6. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 27).

DEMATTE, B.I., BULISANI, E.A., ALMEIRA, L.D'A., ALVES, S. **Irrigação do feijoeiro**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1974. 23 p. (Circular técnica 37).

DOURADO NETO, D., FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 386p.

EHRLER, W.L., LANGE, A.H., HAMNER, K.C. The effect of nutrient balance on the uptake-transport of calcium and phosphorus by bean plants. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 72, p. 365-69, 1958.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1 ed. Brasília: Serviço de Produção de Informação - SPI, 1999. 412p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro**. Goiânia: Embrapa – CNPAF, 1981. 43p.

FAGERIA, N.K., BALIGAR, V.C., JONES, C.L. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. 624p.

FAGERIA, N.K. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. **Tropical Agriculture**, v.66, p.249-55, 1989.

- FAGERIA, N.K. Common Bean and Cowpea. In:FAGERIA, N.K., BALIGAR, V.C., JONES, C.L. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. p. 441-492.
- FAGERIA, N.K. Response of cowpea to phosphorus on an Oxisol. **Tropical Agriculture**, v. 68, p. 384-88, 1991.
- FAGERIA, N.K., SOUZA, M.P. Response of rice and common bean crops in succession to fertilization in cerrado soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p. 359-68, 1995.
- FAN, M., ZHU, J., RICHARDS, C., BROWN, K.M., LYNCH, J.P. Physiological roles of aerenchyma in phosphorus-stressed roots. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 493-506, 2003.
- FARIA, J.C. Historia y situación actual de la producción de fríjol en los países latinoamericanos afectados por geminivirus transmitidos por mosca blanca: Brasil. In: MORALES-GARZON, F.J. **El mosaico dorado y otras enfermedades del fríjol comun causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca en la América latina..** Palmira: CIAT, 2000.
- FERNANDES, L.A., FAQUIN, V., ANDRADE, A.T., OLIVEIRA JUNIOR, A.C., FURTINI NETO, A.E., CURI, N. Produção de níveis críticos de fósforo do feijoeiro cultivado em solos de várzea. **Ciência e Agrotécnica**, v. 46, n.5., p.1133-1141, 2001.
- FONTES, L.A.N. Resposta do feijoeiro a N.P.K.e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.18, n.71, p.265-85, 1965.
- FÖSHER, D., CLAASSEN, N., JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal requirement and P uptake efficiency of different plant species. **Plant and Soil**, v. 110, p.101-109, 1988.

GALLO, R., MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, v.20, n. 40, p. 867-84, 1961.

GEPTS, P., FERNÁNDEZ, F. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol comun** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. 10p.

GNIAZDOWSKA, A., KRAWCZAK, A., MIKULSKA, M., RYCHTER, A.M. Low phosphorus nutrition alters beans plants ability to assimilate and translocate nitrate. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, p.278-89, 1999.

GRANT, C.A., PLATEN, D.N., TOMAZIEWICZ, D.J., SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n.95, 2001. 5 p.

HAAG, H.P., ADAMS, M.W., PINCHINAT, A.M. Differential response among bean varieties to nitrogen and phosphorus. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. Michigan, v.14, p. 38-40, 1971.

HAAG, H.P., MALAVOLTA, E., GARGANTINI, H., BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v.26, p.381-91, 1967.

HAAG, H.P., OLIVEIRA, G.D. de, BARBOSA, V., SILVA NETO, J.M. de. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H.P., MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p. 447-74.

HALL, R., SCHWARTZ, H.F. Common bean In: BENNETT, W. **Nutrient and deficiencies & toxicities in crop plants**. 2 ed. St. Paul: APS Press, 1994. p.143-47.

HALSTED, M., LYNCH, J.P. Phosphorus response of C3 and C4 species. **Journal of Experimental Botany**, v.47, p.497-505, 1996.

HENDRIX, J.E. 1967. The effect of pH on the uptake and accumulation of phosphate and sulphate ions by bean plants. **American Journal of Botany**, v. 54, p. 560-64.

HETZEL, S. A produção de feijão no Brasil. Disponível em: <http://www.unifeijao.com.br/feijao_do_brasil/feijao_dobrasil.htm>. Acesso em: 02 fev. 2006.

HINSINGER, P. Biologyavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, v. 237, p. 173-95, 2001.

HIROCE, R., GALLO, J.R., MASCARENHAS, H.A.A. Análise foliar em feijoeiro. II – Diagnose da adubação fosfatada. **Bragantia**, v.29 (nota nº 2), p.7-12, 1970.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian. Journal of Soil Research**, v.35, p.227-39, 1997.

HORST, W.J., KAMH, M., JIBRIN, J.M., CHUDE, V.O. Agronomic measurements to increasing P availability to crops. **Plant and Soil**, v.237, p.211-23, 2001.

IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados IEA**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em: 16 jan. 2006, 13:20:20.

ISRAEL, D.W. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. **Plant. Physiology**, v.84, p.835-40, 1987.

JUNQUEIRA NETO, A. **Resposta diferencial de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada**. Viçosa, 1977. 90 p. Tese (Doutor em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa.

KAREL, A.K., MGHOUGH, R.M.K. Effects of insecticide and plant populations on the insect pests and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Economic Entomology**, v. 78, n. 4, p. 917-21, 1985.

KIKUTI, H., ANDRADE, M.J.B de., CARVALHO, J.G. de., MORAIS, A.R. de. Teores de macronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1093-1096.

KIYUNA, I., ASSUNÇÃO, R. Os fenômenos climáticos El Niño e La Niña e os preços de feijão no estado de São Paulo. **Informações econômicas**, v. 31, n. 6, p. 25-44, 2001.

LOLLATO, M.A. Efeito de população de plantas na cultura do feijão. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Feijão: Tecnologia de produção**. Londrina: Área de reproduções gráficas, 2000. p. 15-20.

LOPES, N.F. Adaptabilidade fisiológica ao consórcio. In: **Cultura do Feijoeiro – Fatores que afetam a produtividade**. ZIMMERMANN, M. J. de O., ROCHA, M., YAMADA, T. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.375-95.

LÓPEZ-BUCIO, J.L., HÉRNANDEZ-ABREU, E., SÁNCHEZ-CALDERON, L., NIETO-JACOBO, M.F., SIMPSON, J., HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-56, 2002.

LYNCH, J., LAUCHLI, A., EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Science**, v. 31, p. 380-87, 1991.

MACHADO, J. S. dos. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em oxissolos. **Ciência e Prática**, v. 3, n. 2, p. 101-06, 1979.

MAFRA, R.C., VIEIRA, C. BRAGA, J.M., SIQUEIRA, C., BRANDES, D. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). IV – Absorção de Nutrientes. **Experientiae**, v.17, n.9, p.217-39, 1974.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e a adubação do feijoeiro. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DO FEIJÃO**, 1, 1971, Viçosa. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1972. v.1, p.221-42.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997, 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889 p.

MATOS, A.C. & RIBEIRO, A.C. Resposta do feijoeiro a fertilizantes fosfatados na presença e ausência de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.1113-136, 1987.

MELTON, J.R., ELLIS, B.G., DOLL, E.C. Zinc, phosphorus and lime interactions with yield and zinc uptake by (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Science Society of America. Proceedings**, v. 34, p. 91-93, 1970.

MEIRELES, E.J.L.; VIEIRA, E.H.N.; SILVA, S.C. Clima e produção de sementes. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de Feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 53-63.

MIRANDA, L. N. de, AZEVEDO, J.A. de, MIRANDA, J.C.C. de, GOMES, A.C. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de irrigação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, 2000.

- MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 2, p. 44-50, 1978.
- MIYASAKA, S. et al. Adubação mineral do feijoeiro. II: Efeitos de N.P.K., da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em terra roxa estruturada. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.15, p. 179-88, 1966.
- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMMANN, M.J.O., ROCHA, M., YAMADA, T. **Cultura do Feijoeiro. Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1988, p. 261-301.
- MORALES-GARZON, F. J. **Importância socio-económica del fríjol em la América Latina**. Palmira: CIAT, 2000.
- NIELSEN, K.L., BOUMA, T., LYNCH, J.P., EISSENSTAD, D. Effects of phosphorus availability and vesicular-arbuscular mycorrizas on carbon budget of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **New Phytologist**, v. 138, p.647-56, 1998.
- NIELSEN, K.L., MILLER, C.R., BECK, D., LYNCH, J.P. Fractal Geometry of root system: Field observations of contrasting genotype of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different phosphorus regimes. **Plant and Soil**, v. 206, p.181-90, 1999.
- OLIVEIRA, E.J., CARDOSO, A.A., VIEIRA, C., CRUZ, C.D. Bean cultivars for winter planting in the state of Minas Gerais. **Annual report of the bean improvement cooperative**, v.31, p.205-6, 1998.
- OLIVEIRA, I.P., ARAUJO, R.S., DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio In: ARAUJO, I.P., RAVA, C.A., STONE, L.F., ZIMMERMANN, M.J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-221.

OLIVEIRA, I.P. de. Avaliação do estado nutricional da planta de feijoeiro. In: **CURSO DE PESQUISA E PRODUÇÃO DE FEIJÃO**, 3, 1984, EMBRAPA/CNPAP, Santo Antonio de Goiás. Goiânia: 1984. 40 p.

OLIVEIRA, I.P. de. Resposta de cultivares de feijão a aplicação de fósforo. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, Goiânia, 2005, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1074-1077.

OLIVEIRA, I.P. de., THUNG, M., KLUTHCOUSKI, J., AIDAR, H., CARVALHO, J.R. Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.1, p.39-45, 1987.

OLIVEIRA, I.P. de, THUNG, M.D.T. Nutrição Mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O., Rocha, M., Yamada, T. **Cultura do Feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 175-212.

PEREIRA, P.A.A. & BLISS, F.A. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. **Plant and Soil**, v. 104, p. 79-84, 1987.

PESSOA, A. C. S., KELLING, C. R. S., POZZEBON, E.J., KÖNIG, O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, v.26, p.69-74, 1996.

PIGGOTT, T.J. Vegetable crops. In: REUTER, D.J., ROBINSON, J.B. **Plant analysis: An interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. p.148-87.

PRIMAVESI, O., MELLO, F.A.F., MURAOKA, T. Produção de matéria seca, concentração e acúmulo de macronutrientes por feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em dois solos sujeitos a compactação. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, v. 42, p.327-362, 1985.

PRIMAVESI, O., MELLO, F.A.F., MURAOKA, T. Comportamento diferencial de dois cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no acúmulo de matéria seca, nutrientes, alumínio e eficiência nutricional. **Anais da E.S.A “Luiz de Queiroz”**, v. 41, p.433-47, 1984.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química da fertilidade dos solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico 100)

RAIJ, B. van & QUAGGIO, A. J. **Métodos de análise do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo, (Boletim técnico, 81), 1983. 31 p.

RODRIGUEZ, D., KELTJENS, W.G., GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, v.200, p.227-40, 1998.

ROSOLEM, C.A., MARUBAYASHI, O. Nutrição e adubação do feijoeiro: **ARQUIVO DO AGRÔNOMO Nº 7**, encarte de informações agronômicas, nº 68. Piracicaba: Associação brasileira para a pesquisa da potassa e do fosfato. 1994. 18 p.

RUBIO, G., LIAO, H., YAN, X., LYNCH, J.P. Topsoil foraging and its role in plant competitiveness for phosphorus in common bean. **Crop Science**, v. 43, p. 598-607, 2003.

SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing Oxisol and Ultisols in tropical America. **Adv. Agronomy**. v. 34, p. 279-406, 1981.

SCHACHTMAN, D.P., REID, R.J., AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant physiology**, v. 116, p. 147-453, 1998.

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. 257-316.

SILVA, T., GOUVEA, F.C. Ensaio de adubação N.P.K. para o feijão. **Boletim de Agricultura**, Belo Horizonte, v.4, n.11-12, p.139, 1955.

SILVA, C. da., COBUCCI, T., WRUCK, F.J., STONE, L.F. Efeito da população de plantas e do manejo da adubação nitrogenada na produtividade do feijoeiro. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 796-799.

SILVEIRA, J.S.M., CAETANO, L.F., FERRÃO, M.A.G. Espaçamento e densidade de plantio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), em condições irrigadas no Estado do Espírito Santo. In: **REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO (GO, DF, MG, ES, SP, RJ)**, 1, 1988, Goiânia. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. p. 165-67. (Documento 27).

SILVEIRA, P. M. da, MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.14, n.1, p. 63-67, 1990.

SNAPP, S.S. & LYNCH, J.P. Phosphorus distribution and remobilization in bean plants as influenced by phosphorus nutrition. **Crop Science**, v. 36, p. 929-35, 1996.

VASCONCELOS, A.A. Brazilian dry bean situation and outlook. **Dry Bean Digest**, Michigan, v.13, n.1, p. 8-9, 1988.

VIEIRA, C., GOMES, F.R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. **Revista Ceres**, v.11, n. 65, p. 253-64, 1961.

VILLAS BÔAS, R.L., ANTUNES, C.L., BOARETTO, A.E., SOUSA, V.F. de, DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001, p.71-103.

VITTI, G.C., BOARETTO, A.E., PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: **SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS**, 1, 1993, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p. 261-80.

WORTMANN, C.S., KISAKYE, J., EDJE, O.T. The diagnosis and recommendation integrated system for dry bean: determination and validation for norms. **Journal of Plant Nutrition**, v. 15, p. 2369-79, 1992.

YAN, X., BEEBE, E.S., LYNCH, J.P. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types: yield response. **Crop Science**, v. 35, p. 1094-99, 1995.

YOKOYAMA, L.P., BANNO, K., KLUTHCOUSKI, J. Aspectos socioeconômicos da cultura In: ARAUJO, I.P., RAVA, C.A., STONE, L.F., ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 1-21.

ZUPPI, M., MENTEM, J.O.M., FERREIRA-LIMA, L.C.S., RABALHO, A.A., FRARE, V.C. Produtos fitossanitários utilizados no feijoeiro no Brasil: Evolução e situação atual. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8, 2005, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1261-9.