

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

**ADUBAÇÃO FOSFATADA, PRODUÇÃO E DESEMPENHO EM
CAMPO DE SEMENTES DE FEIJOEIRO CV. CARIOCA PRECOCE E
IAC CARIOCA TYBATÃ**

CLAUDEMIR ZUCARELI

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

BOTUCATU – SP
Setembro – 2005

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

**ADUBAÇÃO FOSFATADA, PRODUÇÃO E DESEMPENHO EM
CAMPO DE SEMENTES DE FEIJOEIRO CV. CARIOCA PRECOCE E
IAC CARIOCA TYBATÃ**

CLAUDEMIR ZUCARELI

Orientador: Prof. Dr. João Nakagawa

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

BOTUCATU – SP

Setembro – 2005

QUASE

Ainda pior que a convicção do não, é a incerteza do talvez, é a decepção de um quase.

É o quase que incomoda, que entristece, que mata, trazendo tudo que poderia ter sido e não foi.

Quem quase ganhou ainda joga, quem quase passou ainda estuda, quem quase morreu está vivo, quem quase amou – não amou.

Basta pensar nas oportunidades que escaparam pelos dedos, nas chances que se perdem por medo, nas idéias que nunca saíram do papel por essa maldita mania de viver no outono.

Pergunto-me, às vezes, o que nos leva a escolher uma vida morna; ou melhor, não me pergunto, contesto.

A resposta eu sei de cor, está estampada na distância e frieza dos sorrisos, na frouxidão dos abraços, na indiferença dos “Bom dia”, quase que sussurrados.

Sobra covardia e falta de coragem até pra ser feliz.

A paixão queima, o amor enlouquece, o desejo trai.

Talvez esses fossem bons motivos para decidir entre a alegria e a dor, sentir o nada, mas não são.

Se a virtude estivesse mesmo no meio termo, o mar não teria ondas, os dias seriam nublados e o arco-íris em tons de cinza.

O nada não ilumina, não inspira, não aflige e nem acalma, apenas amplia o vazio que cada um trás dentro de si.

Não é que fé mova montanhas, nem que todas as estrelas estejam ao alcance, para as coisas que não podem ser mudadas resta-nos somente paciência, porém, preferir a derrota prévia à dúvida da vitória é desperdiçar a oportunidade de merecer.

Para os erros há perdão; pros fracassos, chance; pros amores impossíveis, tempo.

De nada adianta cercar um coração vazio ou economizar alma.

Um romance cujo fim é instantâneo ou indolor, não é romance.

Não deixe que a saudade sufoque, que a rotina acomode, que o medo impeça de tentar.

Desconfie do destino e acredite.

Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu.

“Luiz Fernando Veríssimo”

DEDICO

Aos meus pais, Cláudio e Ivone

Aos meus irmãos Valdir e Cristiane

Pela dedicação, exemplos e confiança que sempre depositaram em mim.

OFEREÇO A DEUS

Pela oportunidade de viver

AGRADECIMENTOS

- √ A DEUS pela presença constante em minha vida, me fortalecendo espiritualmente e me dando sabedoria na superação das etapas dessa trajetória.
- √ A minha família pelo sacrifício, apoio incondicional, confiança no meu potencial e incentivo durante toda a minha vida; por vocês e, apenas por vocês, abriria mão dos meus anseios.
- √ À Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu pela oportunidade de realização do curso de Mestrado e Doutorado, concretização de um sonho.
- √ Ao Prof. Dr. João Nakagawa pela paciência oriental, honra da orientação, ensinamentos, estímulo e principalmente amizade construída durante o desenvolvimento do trabalho, vínculo que perdurará.
- √ À Coordenadoria de Apoio e Pesquisa ao Ensino superior (CAPES) pela bolsa concedida para realização do curso de Doutorado.
- √ À CATI e ao IAC, pela concessão das sementes utilizadas no estudo.
- √ Ao Prof. Dr. Cláudio Cavariani pela amizade, ensinamentos e colaboração no transcorrer do trabalho.
- √ Aos professores do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, principalmente na pessoa do Professor Carlos Alexandre Costa Crusciol pelo convívio, colaboração e amizade.
- √ Ao Amigo Edison Ulisses Ramos Júnior, pelo trabalho conjunto, paciência, amizade e irmandade estabelecida durante os sucessos e percauços encontrados no desenvolvimento do trabalho.
- √ A Juliane Dossi Salum e Sandra Aparecida de Souza pela amizade e colaboração na instalação e condução do experimento.
- √ Aos amigos Luís Antônio, Mônica e Vanda, pelos momentos de convívio, pela vibração a cada nova conquista, estímulo, amizade sólida e ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional e principalmente pessoal.

- √ Aos amigos Nilda Lacerda, Yara Andreo e Vânia Maria Zero pela amizade construída, companheirismo e apoio nos bons e maus momentos durante o transcorrer do curso, vínculo que permanece.
- √ À Irandi Fernando Daroz pelo convívio, companheirismo e auxílio na redação deste trabalho.
- √ Aos colegas de curso, sem nomes para não correr risco de ser injusto, pela convívio durante esse período.
- √ Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, pelo auxílio direto ou indireto nos trabalhos, em especial a Valéria, Lana, Vera Lúcia, Maurílio, Rubens, Ciro, Eduardo e Célio.
- √ A seção de Pós-Graduação nas pessoas de Marilena C. Santos, Marlene R. Freitas e Jaqueline M. Gonçalves.
- √ Aos funcionários da biblioteca “Paulo Carvalho de Matos”, Maria Inês, Denise, Cida, Solange, Maria do Carmo, Nilson, Célia e Helen.
- √ A um grande número de pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho sinto-me sinceramente grato e peço desculpas por alguma eventual omissão.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS	XVII
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1. Qualidade fisiológica e desempenho das plantas no campo	8
4.2. Adubação e qualidade de sementes	11
4.3. A adubação fosfatada e o feijoeiro.....	15
4.4. O fósforo na semente.....	23
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1. Localização e características do local	28
5.2. Delineamento experimental e tratamentos	28
5.3. Cultivares	30
5.4. Instalação e condução dos experimentos	31
5.5. Parâmetros avaliados durante a produção de sementes.....	37
5.5.1. Produtividade de sementes.....	37
5.5.2. Composição química das sementes.....	38
5.5.3. Qualidade das sementes	38
5.6. Parâmetros determinados na avaliação do desempenho das sementes	41
5.6.1. Análise de crescimento	41
5.6.1.1. Índices Biométricos	41
5.6.1.2. Índices Fisiológicos	42
5.6.2. Características fitométricas e componentes de produção	44
5.6.3. Produtividade de sementes.....	45
5.7. Análise estatística.....	45
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6.1. Produção de sementes	47
6.1.1. Carioca Precoce cultivado no período das águas.....	47

6.1.2. Carioca Precoce cultivado no período da seca.....	57
6.1.3. IAC Carioca Tybatã cultivado no período das águas.....	68
6.1.4. IAC Carioca Tybatã cultivado no período da seca	77
6.2. Avaliação do desempenho das sementes.....	85
6.2.1. Carioca Precoce produzido no período das águas.....	85
6.2.1.1. Análise de Crescimento	85
6.2.1.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade.....	99
6.2.2. Carioca Precoce produzido no período da seca	104
6.2.2.1. Análise de Crescimento	104
6.2.2.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade.....	118
6.2.3. IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas	120
6.2.3.1 Análise de Crescimento	120
6.2.3.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade.....	137
6.2.4. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca	139
6.2.4.1 Análise de Crescimento	139
6.2.4.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade.....	156
6.3. Considerações finais.....	159
7. CONCLUSÕES	164
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Teores de fósforo (g kg^{-1}) nas sementes de feijão cultivado sob diferentes níveis de P e selecionadas para avaliação do desempenho em campo na segunda etapa da pesquisa.....	29
2	Características químicas do solo das áreas experimentais na profundidade de 0-20cm.....	31
3	Momento de semeadura, de emergência das plântulas, de florescimento, colheita e ciclo da cultura do feijoeiro (dias após a emergência).....	32
4	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	49
5	Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	52
6	Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	54

7	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	59
8	Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	63
9	Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	66
10	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	70
11	Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	73
12	Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e	

	massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	74
13	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	79
14	Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	82
15	Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	83
16	Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente ($g\ kg^{-1}$) e de doses de P aplicadas no solo ($kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5).	86
17	Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente ($g\ kg^{-1}$) e de doses de P aplicadas no solo ($kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5).	87
18	Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce,	

	produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	97
19	Razão de massa de folha aos 59 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.....	98
20	Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	99
21	Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	101
22	Número de sementes por vagem em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.....	101
23	Massa de 100 sementes em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.....	102
24	População de plantas em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.....	103

25	Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	105
26	Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	106
27	Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	116
28	Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	117
29	Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	118
30	Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	121
31	Massa de matéria seca total aos 73 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no	

	solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	122
32	Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	123
33	Índice de área foliar aos 52 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	124
34	Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	135
35	Razão de massa de folha aos 17 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.....	136
36	Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	136
37	Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	138

38	Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	140
39	Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	142
40	Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	155
41	Razão de massa de folha aos 24 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.....	156
42	Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	156
43	Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	158
44	População de plantas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã,	

produzido na época da seca em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.	158
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página	
1	Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para produção de sementes dos cultivares Carioca precoce (CP E1) e IAC Carioca Tybatã (IACT E1) cultivados no período das águas. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F=florescimento pleno, C=colheita).....	33
2	Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para produção de sementes dos cultivares Carioca precoce (CP E2) e IAC Carioca Tybatã (IACT E2) cultivados no período da seca. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F=florescimento pleno, C=colheita).....	34
3	Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para avaliação do desempenho das sementes produzidas no período das águas, dos cultivares Carioca precoce (CP E1) e IAC Carioca Tybatã (IACT E1) cultivados no período da seca. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F= florescimento pleno, C=colheita).....	35
4	Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para avaliação do desempenho das sementes produzidas no período da seca, dos cultivares Carioca precoce (CP E2) e IAC Carioca Tybatã (IACT E2) cultivados no período das águas. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F= florescimento pleno, C=colheita).....	36
5	Produtividade de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas, em função de doses de P ₂ O ₅ aplicadas no solo.....	48

6	Teor de P em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	50
7	Teor de K em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	50
8	Teor de Cu em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	51
9	Porcentagem de açúcar total em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	53
10	Porcentagem de açúcar redutor em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	53
11	Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	56
12	Condutividade elétrica em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	56
13	Produtividade de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca, em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	57
14	Teor de P em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	60
15	Teor de Ca em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época	

	da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	61
16	Teor de Mg em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	61
17	Teor de S em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	61
18	Teor de Mn em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	62
19	Teor de Fe em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	62
20	Teor de Zn em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	62
21	Teor de açúcar total em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	64
22	Teor de açúcar redutor em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	64
23	Teor de água após envelhecimento acelerado em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	67
24	Emergência de plântulas no campo de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	67

25	Produtividade de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas, em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	69
26	Teor de N em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	71
27	Teor de P em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	71
28	Teor de K em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	72
29	Teor de S em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	72
30	Porcentagem de Proteína em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	73
31	Teor de água em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.	75
32	Teor de água após o envelhecimento acelerado em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	76
33	Germinação após envelhecimento acelerado em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	76

34	Produtividade de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca, em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	77
35	Teor de P em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	80
36	Teor de K em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	80
37	Teor de Ca em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	80
38	Teor de Mn em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	81
39	Teor de Zn em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	81
40	Massa de 100 sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.....	84
41	Taxa de Crescimento da cultura em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente ($g\ kg^{-1}$) e de doses de P aplicadas no solo ($kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5).....	90
42	Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente ($g\ kg^{-1}$) e de doses de P aplicadas no solo ($kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5).....	91
43	Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no	

	período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	94
44	Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	95
45	Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	96
46	Taxa de Crescimento da cultura em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	109
47	Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	110
48	Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	112
49	Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	114
50	Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	115

51	Taxa de crescimento da cultura em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	127
52	Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	128
53	Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	130
54	Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	132
55	Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	133
56	Taxa de crescimento da cultura em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	145
57	Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	147
58	Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido	

	no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).	149
59	Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	151
60	Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).....	153

1. RESUMO

A disponibilidade de fósforo é um fator limitante à produção agrícola em grande parte dos solos brasileiros. Além de influenciar na produção do feijoeiro, a aplicação deste nutriente pode interferir na composição química das sementes e, conseqüentemente, no seu vigor. Por conseguinte, o vigor pode afetar o potencial de armazenamento do lotes de sementes e seu desempenho no campo, influenciando o estabelecimento e o desenvolvimento da planta subsequente e, em alguns casos, até a produtividade. Assim, o aumento do teor de P das sementes, além de melhorar o vigor das mesmas, pode suprir o requerimento de P no início do ciclo da planta e aumentar o crescimento subsequente. Neste aspecto, o trabalho desenvolvido teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de fósforo via solo na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de feijoeiro; e ainda, avaliar o desempenho em campo de plantas de feijoeiro provenientes de sementes com diferentes teores de P, em solo com diferentes doses de adubação fosfatada. Foram conduzidos em campo oito experimentos, em duas etapas, sendo a primeira referente a produção das sementes sob diferentes níveis de P aplicados no solo e, a segunda referente a avaliação do desempenho das sementes produzidas. Para a produção de sementes foram utilizados os cultivares de feijão Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã em duas épocas de cultivo (águas e seca), totalizando quatro experimentos. Nestes, utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições e seis tratamentos referentes as doses de P aplicadas no solo (0, 30, 60, 90, 120 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅) na forma de superfosfato triplo. Foram determinadas a produtividade de sementes, a qualidade fisiológica, os teores de macro e micronutrientes e os teores de proteína e açúcares

total e redutor nas sementes. Na avaliação do desempenho das sementes, para cada cultivar e época de cultivo foram selecionadas sementes com três teores de P (menor, intermediário e maior) que foram semeadas na época subsequente de cultivo em combinação com três doses de P aplicadas no solo (0, 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅), sob o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3X3, totalizando nove tratamentos com cinco repetições. Nesta etapa, foi realizada análise de crescimento (índices biométricos e fisiológicos) e determinadas as características fitométricas, componentes de produção e produtividade de sementes. Os dados foram submetidos a análise de variância, comparação de médias e estudo de regressão. A adubação fosfatada favoreceu a produtividade de sementes de ambas as cultivares nas duas épocas de cultivo. A aplicação de P no solo aumentou o teor de P nas sementes de ambas as cultivares, com respostas lineares para o cultivo das águas e quadrática para o período da seca. Os teores de nutrientes, proteínas e açúcares, total e redutor, foram alterados pelas doses de P aplicadas no solo, com respostas variáveis em função da cultivar e das épocas de cultivo. Em ambas as cultivares e épocas de cultivo, a qualidade das sementes não foi alterada pela aplicação de P no solo. O teor de P nas sementes não exerceu efeito sobre o desempenho das plantas no campo, para ambas as cultivares e épocas de cultivo. Independentemente do teor de P nas sementes, a adubação fosfatada alterou os índices biométricos e fisiológicos do crescimento da planta, as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de sementes, com resultados variáveis em função da época de cultivo e cultivar.

P-FERTILIZATION AND SEED-P CONTENT EFFECTS UPON COMMON BEAN YIELD, DEVELOPMENT AND SEED COMPOSITION “CARIOCA PRECOCE” AND “IAC CARIOCA TYBATÃ” CULTIVARS. Botucatu, 2005. 207p.

Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CLAUDEMIR ZUCARELI

Adviser: JOÃO NAKAGAWA

2. SUMMARY

Phosphorus availability is a limiting factor to the agricultural production in large areas of Brazilian soils. Besides influencing the bean plant production P application can interfere in the seed chemical composition and therefore in its vigor. On the other hand vigor can affect seed lot storability and crop performance by its influence on plant establishment and development, thus affecting yields. Increased P content in seeds can enhance its vigor and supply the initial seedling P needs and improve subsequent growth. The research work carried out at the “Departamento de Produção Vegetal – Agricultura Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP” had the objective of evaluating the effects of P fertilization on common bean yield, seed chemical composition, seed quality, and the performance of field grown plants derived from seeds with varying P contents cultivated in soil with several phosphate rates. Experiments were conducted in two phases, the first corresponding to the seed production under varying P rates applied to the soil, and the second (corresponding) to the evaluation of seeds with different P contents. All tests were made with “Carioca Precoce” and “IAC Carioca Tybatã” cultivars, cropped during two subsequent growing seasons: rainy (September to December) and dry (January to May) periods. A complete randomized block design with six treatments (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹ P₂O₅) as triple super-phosphate was used, being determined: bean yields, seed physiological quality, nutrients in the seeds and total proteins and sugars. Seeds lots with low, medium and high P content were chosen for performance evaluation under 0, 90 and 150 kg ha⁻¹ P₂O₅ soil

applied rates in the subsequent season. A factorial 3x3 scheme (nine treatments) in randomized blocks with five replications was set up and growth analyses (biometrical and physiological) indexes were taken and phytometric characteristics determined as well as yield and yield components. All results were submitted to variance and regression analysis. P fertilization improved seed yields in both cultivars and growing seasons. Soil applied P increased seed phosphorus concentration in a linear response in the rainy season and in a quadratic response in the dry season for the two tested cultivars. Seed nutrient composition, protein and sugars (total and reducing) were influenced by soil applied P in a variable manner according to cultivars and growing season. Seed quality was not affected by soil applied P irrespective of cultivars or growing season. Seed-P content did not interfere on the plant performance under field conditions in any studied situation. Independently of seed-P concentration, phosphate application altered biometrical and physiological indexes of plant growth, phytometric characteristics, production components and seed yield with variable trends according to cultivars and growing season.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, bean, seeds, fertilization, phosphorus and quality.

3. INTRODUÇÃO

O feijoeiro é cultivado de norte a sul do Brasil em diferentes épocas e sistemas de cultivo. As épocas para o cultivo do feijoeiro são definidas pela temperatura do ar e precipitação pluvial nas fases vegetativa e reprodutiva e durante a colheita. Segundo Stone e Sartorato (1994) essas épocas concentram-se em três períodos: “águas”, de setembro a dezembro; “seca”, de janeiro a março; e “inverno”, de maio a julho.

Além ser uma cultura de subsistência, o feijoeiro ocupa também posição de destaque como agricultura empresarial de alta produtividade e rendimento econômico em algumas regiões do país. O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, sensível aos fatores climáticos e, muito suscetível às pragas e doenças. Produtividades baixas são observadas, principalmente nas épocas tradicionais de cultivo, em função da tecnologia utilizada, das variações climáticas e do esgotamento progressivo da fertilidade do solo. No entanto, produtividades elevadas têm sido alcançadas com a adoção de tecnologias como as cultivares melhoradas, o preparo adequado do solo, a adubação equilibrada, as técnicas avançadas de irrigação e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

Em relação à adubação, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade do feijoeiro em solos brasileiros sendo, portanto, frequente a resposta positiva da cultura à aplicação de P no solo. O fósforo é um elemento essencial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia das células, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. Desse modo, 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 que aumentado o suprimento deste nutriente a níveis adequados (GRANT et al., 2001).

Na formação das sementes do feijoeiro, o nitrogênio e o fósforo são os nutrientes exigidos em maior quantidade. Considerando a existência de uma correlação significativa e positiva entre a acumulação de P na semente e a produtividade do feijoeiro, pode-se aumentar a produtividade da cultura subsequente com o aumento de absorção de P.

Em plantas de feijoeiro, o fósforo exerce influência no acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea, no desenvolvimento radicular, na área foliar e nos componentes de produção. Porém, as respostas à adubação fosfatada dependem da disponibilidade de P no solo, da cultivar, da disponibilidade de outros nutrientes e das condições climáticas.

Além dos efeitos sobre a produtividade, a adubação fosfatada pode alterar a composição química das sementes do feijoeiro. A reserva de nutrientes da semente varia de acordo com a cultivar e com as condições ambientais em que a semente é produzida. A composição química afeta diretamente a sua qualidade fisiológica, influenciando na germinação, no vigor e na armazenabilidade das mesmas.

A baixa disponibilidade de P nos solos pode reduzir o tamanho, o número, a viabilidade e o vigor das sementes. Em algumas espécies, o nível de vigor das sementes pode afetar o seu potencial de armazenamento e desempenho no campo, influenciando o estabelecimento e o desenvolvimento da planta, a uniformidade da lavoura e a sua produtividade. Entretanto, a maioria dos estudos avaliam os efeitos da qualidade apenas sobre a germinação ou emergência das plantas, não se aprofundando quanto ao desempenho das plantas no campo.

Considerando a necessidade de P pelo feijoeiro em seus estádios iniciais de desenvolvimento, o aumento do seu teor na semente pode ser utilizado para melhorar o suprimento de P no início do ciclo e aumentar o crescimento subsequente da planta. Por se tratar de um macronutriente, é certo que a reserva interna da semente não é suficiente para a planta completar seu desenvolvimento, porém, a maior disponibilidade de P na semente pode melhorar o desenvolvimento inicial da planta, causando efeitos cumulativos nas taxas de crescimento posteriores, principalmente em solo com baixa disponibilidade de P.

O aumento do teor de nutrientes das sementes pode ser obtido com adubação via solo, com a adubação via foliar ou com aplicação direta nas sementes via peletização ou embebição em soluções contendo nutrientes. Vários trabalhos têm demonstrado a possibilidade de aumento do teor de P na semente, principalmente com a aplicação foliar de adubos fosfatados. No entanto, na avaliação dos efeitos da concentração de P nas sementes sobre o desempenho das plantas, a maioria dos estudos se limitam aos estádios iniciais de desenvolvimento ou à fase vegetativa do ciclo da planta. Os resultados obtidos nesses estudos nem sempre são concordantes em virtude das variações nas condições experimentais, nas cultivares avaliadas e nos teores de P obtidos.

Considerando o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar nas cultivares Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã, em duas épocas de cultivo, os seguintes aspectos: a) os efeitos da aplicação de fósforo via solo na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de feijoeiro e; b) avaliar o desempenho em campo de plantas de feijoeiro provenientes de sementes com diferentes teores de P, em solo com diferentes níveis de adubação fosfatada, por meio da análise de crescimento, características fitométricas, componentes de produção e produtividade.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Qualidade fisiológica e desempenho das plantas no campo

A qualidade das sementes utilizadas para semeadura é de incontestável importância para a produtividade e na lucratividade de um empreendimento agrícola. Neste contexto, um dos fatores que mais contribuem para o baixo rendimento da cultura do feijoeiro é a utilização de grãos, ao invés de sementes, para a semeadura (TROMBETA, 1994 e YOKOYAMA et al., 2000). O rendimento do feijoeiro pode ser aumentado em mais de 40% somente pelo emprego de sementes de qualidade e melhoradas geneticamente (EMBRAPA, 1985). Segundo Dornbos Júnior (1995), a habilidade da planta em expressar seu potencial genético é restringido pelo baixo vigor das sementes.

A constituição genética, as condições ambientais e o nível de nutrição da planta mãe são alguns dos fatores que determinam vigor das sementes (ARTHUR & TONKIN, 1991; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). As diferenças de vigor das sementes, segundo Perry (1978), estão associadas aos seguintes aspectos: processos e reações químicas durante a germinação, taxa e uniformidade de germinação da semente e crescimento da plântula, taxa e uniformidade de crescimento da plântula no campo e capacidade das plântulas emergirem sob condições desfavoráveis.

O nível de vigor pode afetar o potencial de armazenamento do lote de sementes, o estabelecimento e o desenvolvimento da planta no campo, a uniformidade da

lavoura e a sua produtividade (ARTHUR & TONKIN, 1991; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000) e, ainda, a qualidade comercial do produto quanto a sua apresentação, principalmente no caso das olerícolas (KRZYŻANOWSKI & FRANÇA NETO, 2001). Contudo, a magnitude da influência do vigor das sementes pode ser modificada pelo ambiente no qual a semente se encontra (BURRIS, 1976). Apesar dos muitos métodos disponíveis para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, a maioria dos estudos avaliam a influência da qualidade apenas sobre a germinação ou emergência das plântulas e pouca importância tem sido dada ao desempenho no campo de plantas provenientes de sementes de baixa qualidade (TEKRONY & EGLI, 1991).

Na germinação, a influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos do processo, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade, o total de germinação, o tamanho e a massa das plântulas resultantes (TEKRONY & EGLI, 1991; SCHUCH et al., 1999; CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). Contudo, segundo Pádua (1998), a relação entre a qualidade da semente e a emergência de plântulas no campo depende das condições da semeadura.

Ao avaliar os efeitos do vigor de lotes de sementes de soja sobre o desempenho germinativo das sementes, Vanzolini (2002) constatou que lotes menos vigorosos apresentaram menor emergência total de plântulas e menor velocidade de emergência, o que se refletiu em redução na população de plantas.

A população de plantas pode ser diretamente afetada pelo baixo vigor das sementes, seja por falhas de germinação, seja por mortalidade de plântulas após a emergência no campo. Nesse caso, o efeito do vigor sobre a produção é indireto pois o reflexo direto ocorre sobre o estabelecimento da planta e não sobre a produção (TEKRONY & EGLI, 1991; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Segundo Pollock & Ross (1972), a obtenção de um estande adequado traz vantagens competitivas em relação às plantas daninhas e, a competitividade é um dos principais aspectos benéficos do vigor.

O atraso no processo germinativo em sementes menos vigorosas se reflete sobre o desenvolvimento vegetativo da planta de modo que, ao menos nas fases iniciais de crescimento, o desenvolvimento será menor em relação a uma planta proveniente de semente mais vigorosa. O efeito do vigor é mais pronunciado nas fases iniciais de

desenvolvimento da planta reduzindo gradativamente com o avanço do ciclo. Entretanto, o atraso na emergência e no crescimento inicial pode retardar o início do florescimento (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Finch-Savage (1995) constatou que sementes de baixo vigor produziram plântulas de menor tamanho logo após a emergência e ressaltou, ainda, que este efeito pode permanecer até a colheita e influenciar a produção de grãos. Menor estatura de plantas provenientes de lotes de menor vigor, devido a menor velocidade de emergência, também foi constatado por Vanzolini (2002) ao avaliar o efeito do vigor de lotes de sementes de soja na fase vegetativa da cultura.

O efeito do vigor não é tão evidente na fase de planta quanto na de plântula, principalmente com relação ao seu desempenho produtivo. Nesse sentido, Carvalho (1994) relatou a possibilidade de existência, ou não, do efeito do vigor sobre a produção, dependendo do órgão da planta usualmente explorado e da época de cultivo. A probabilidade do vigor da semente exercer influência sobre a produção é tanto maior quanto mais cedo se proceder a colheita, seja para órgãos vegetativos ou grãos. Desse modo, a relação entre o vigor das sementes depende da fase em que a produção é obtida, ou seja, se a colheita é realizada no estágio vegetativo, no início do reprodutivo ou na maturidade reprodutiva (ROBERTS, 1986).

Lotes de sementes de soja de baixo vigor resultaram plantas com maior número de vagens, efeito este decorrente da redução da população de plantas e capacidade de compensação da produção de grãos por planta (PUTEH et al., 1995). Entretanto, em plantas colhidas após a maturidade fisiológica das sementes, como é o caso do feijoeiro, não são relatados na literatura efeitos do vigor das sementes na produção, quando a densidade de plantas não é alterada, uma vez que a produção por planta, geralmente, não é influenciada pelo vigor (TEKRONY & EGLI, 1991). A uniformidade na população de plantas é decisiva para máxima produção de algumas espécies, sendo que a distribuição da população de plantas no campo é afetada pelo vigor das sementes, seja pela não germinação, seja pela não sobrevivência das plântulas até a fase reprodutiva (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Desse modo, a produtividade de uma cultura é afetada pelo vigor das sementes apenas quando a densidade de plantas é inferior à requerida para maximizar a produção ou quando ocorre atraso na semeadura (TEKRONY & EGLI, 1991).

TeKrony & Egli (1991) destacam que os efeitos na população final, na velocidade e na uniformidade de emergência das plântulas podem influenciar o acúmulo de

matéria seca pela planta ou pela população de plantas e, assim, potencialmente, afetar a produção (SCHUCH et al. 2000). A relação entre a fase vegetativa e a produção de sementes é constatada apenas nos casos em que a planta não atinge um desenvolvimento vegetativo mínimo. Assim, nas situações onde o crescimento vegetativo é adequado, ou superior ao adequado para a máxima produção, é improvável que o efeito do vigor da semente afete a produção (TEKRONY & EGLI, 1991).

Vanzolini (2002), ao avaliar o efeito do vigor de sementes de soja sobre o desempenho das plantas, na fase reprodutiva, verificou que lotes de sementes de menor vigor resultaram em atraso no florescimento e que, lotes com diferentes níveis de vigor, mas com germinação acima do padrão mínimo de 75%, resultaram em produtividades significativamente semelhantes.

Lotes de sementes de alto vigor são garantia de alta produção, pois asseguram maior velocidade e porcentagem de germinação e influenciam, portanto, a população e o arranjo espacial das culturas (ELLIS, 1992).

Considerando a grande importância do feijoeiro no cenário nacional, faz-se necessário o uso de sementes com altos níveis de qualidade, tanto genética e sanitária quanto física e fisiológica, de modo a obter altas produtividades e conseqüentemente, retornos financeiros. Atualmente, a taxa de utilização de sementes de feijão no Brasil é de 14%, sendo de 25, 23, 20 e 12% para os Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Santa Catarina e Minas Gerais, respectivamente, e de 10% para os estados de São Paulo, Bahia e Paraná (ANUÁRIO ABRASEM, 2005). A taxa média de utilização de sementes melhoradas em outras culturas produtoras de grãos no Brasil (arroz, milho, soja, trigo), acima de 50%, tem sido considerada como um dos fatores responsáveis por cerca de 70% dos acréscimos de produtividade de grãos nos últimos 10 anos (YOKOYAMA et al., 2000).

4.2. Adubação e qualidade de sementes

A obtenção de semente de qualidade depende de técnicas de controle na lavoura, de procedimentos específicos no processamento, de adequadas condições de

armazenagem e de testes de laboratório para aferir seus atributos. As normas e padrões de campo e de laboratório para obtenção de sementes de qualidade são estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores. Entretanto, o estado fisiológico da semente não é melhorado após ter sido produzida, processada e armazenada. Sua qualidade é reflexo dos cuidados adotados desde a escolha da área, da época de semeadura mais adequada e da tecnologia aplicada durante todo o processo produtivo (VIEIRA et al. 2000).

Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes se destacam a origem da semente, a adubação, as condições climáticas na fase da maturação e colheita, o tipo de colheita, a secagem, as condições de armazenamento. Contudo, segundo Sá (1994), até então poucas pesquisas haviam sido realizadas visando verificar as relações existentes entre fertilidade do solo, nutrientes fornecidos às plantas e qualidade das sementes produzidas.

Conforme Toledo & Marcos Filho (1977), a qualidade das sementes depende, em parte, do vigor de seus ascendentes, motivo pelo qual as terras cultivadas com a finalidade de produção de sementes devem possuir alta fertilidade, além de receberem adubações equilibradas. Relatam, ainda, que o uso de fertilizantes em áreas de produção de sementes é mais comum do que nas lavouras para produção de grãos, embora o número de experimentos relacionados especificamente com este aspecto seja muito restrito. Assim, o emprego de fertilizantes na produção de sementes é realizado com base nos resultados obtidos para as respectivas culturas de consumo alimentar e industrial.

Plantas adubadas adequada e equilibradamente apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes, aliada a melhor qualidade, por resistirem mais facilmente às adversidades durante o período de produção. O aspecto nutricional das plantas afeta o tamanho, massa e vigor das sementes, sendo que em muitos casos estes efeitos estão ligados à permeabilidade e integridade das membranas dos tecidos, onde os nutrientes atuam como ativadores enzimáticos ou são constituintes dessas membranas (SÁ, 1994).

Após a fertilização, fotossintatos elaborados no sistema foliar passam a ser translocados para a semente, nela se depositando de maneira a permitir sua formação e o desenvolvimento de sua capacidade de germinação e vigor. Assim, quanto maior for a reserva de nutrientes na semente, maior será o vigor da plântula dela resultante, bem como seu potencial de sobrevivência. Portanto, os fatores que afetam o desenvolvimento da semente e o acúmulo de reservas, afetarão também o seu vigor. Dentre eles destacam-se: a temperatura, o

suprimento de água, os nutrientes, a intensidade luminosa e a duração do fotoperíodo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

As sementes durante seu desenvolvimento acumulam compostos nitrogenados, carboidratos, lipídios e minerais (LOTT, 1984). Contudo, à semelhança dos demais órgãos da planta, apresentam composição química bastante variável por se tratar de um órgão que se forma no final do ciclo da planta.

A planta bem nutrida está em condições de produzir uma quantidade maior de sementes bem formadas. A exigência nutricional, para a maioria das espécies, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica por ocasião da formação das sementes, quando considerável quantidade de nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, é para elas translocada. Esta maior exigência deve-se ao fato dos nutrientes serem necessários para a formação e o desenvolvimento de novos órgãos, e como materiais de reserva a serem ali acumulados. A disponibilidade de nutrientes influi na formação do embrião e do órgão de reserva da semente, bem como em sua composição química e, conseqüentemente, no metabolismo, na germinação e no vigor da mesma (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O nitrogênio, o fósforo, o cálcio, o magnésio, o boro e o zinco destacam-se dentre os nutrientes com respostas positivas na qualidade das sementes (SÁ, 1994). Entretanto, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000) não apenas o elemento em si, mas também a época de aplicação e a dose fornecida às plantas podem influenciar na qualidade das sementes.

Segundo Delouche (1980), as plantas desenvolveram uma extraordinária capacidade de ajustar a produção de sementes aos recursos disponíveis. A resposta típica de plantas à baixa fertilidade do solo ou à falta de água é a redução na quantidade de sementes produzidas antes que em sua qualidade. As poucas sementes produzidas sob condições marginais são usualmente tão viáveis e vigorosas como as produzidas sob as mais favoráveis situações. Do ponto de vista evolucionário, o ajustamento da produção de sementes aos recursos disponíveis tem um alto valor para a sobrevivência. As poucas sementes de alta qualidade teriam igual ou maior chance de germinar e desenvolver-se em condições adversas.

A fertilidade do solo em que a planta se desenvolve influencia a composição química das plantas e das sementes em desenvolvimento. Os nutrientes armazenados na semente irão suprir os elementos necessários para o estabelecimento da plântula, em seus estágios iniciais. Em leguminosas, os cotilédones são a principal fonte de energia para as plântulas durante as primeiras duas semanas após a germinação, daí a importância de se produzir sementes utilizando uma adubação equilibrada para o bom desenvolvimento das plantas e a obtenção de sementes de alta qualidade. Sementes produzidas em solo com altos teores de nutrientes originam plântulas mais vigorosas e essa vantagem é mantida durante o desenvolvimento das planta (SÁ, 1994). Entretanto, o grau com que esses elementos afetam o vigor da semente depende também das condições a que as plântulas forem submetidas com relação ao suprimento de nutrientes no solo. Desse modo, se o solo possuir condições de suprir a necessidade de um determinado elemento, poderia, em parte, compensar tal necessidade mesmo que a semente tenha sido originada de uma planta não muito bem suprida. Por outro lado, com certas limitações, uma semente com alto conteúdo de um elemento originará uma plântula vigorosa, em um meio deficiente nesse elemento. Entretanto, nota-se que esse comportamento varia com o elemento, a espécie, a variedade e as condições ambientais em que as pesquisas são executadas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Em alguns casos, especialmente para os micronutrientes, a reserva interna da semente é suficiente para que a planta originada desta possa crescer sem dependência externa. Para os macronutrientes, devido a maior necessidade quantitativa para o crescimento e desenvolvimento das plantas, é pouco provável que só a reserva interna da semente seja suficiente para a planta completar seu ciclo (JACOB NETO & ROSSETTO, 1998).

Sementes de feijão originadas de plantas não adubadas mostraram qualidade inferior àquelas provenientes de plantas adubadas, em duas gerações de cultivo. As sementes não adubadas deram origem a menor população de plantas, porém a produtividade não foi afetada (VIEIRA et al. 1987).

Em condições de suprimento adequado de macro e micronutrientes é possível obter sementes maiores, mais uniformes, mais densas, com menor incidência de danos de pragas e doenças, menor número de sementes chochas, com maior potencial de

armazenamento, dentro dos limites da variedade e das condições climáticas predominantes (SÁ, 1994).

4.3. A adubação fosfatada e o feijoeiro

O baixo teor de fósforo disponível no solo é a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola nos trópicos (SANCHEZ & SALINAS, 1981). O fósforo é o nutriente que mais influencia na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros (ARF, 1994). Contudo, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas, grande parte do P adicionado no solo torna-se insolúvel ou não disponível, reduzindo a eficiência da adubação fosfatada (HOLFORD, 1997).

O principal mecanismo responsável pelo contato entre o fosfato e as raízes no solo é a difusão, onde a absorção do nutriente cria uma depleção em volta da raiz, e os íons se difundem por gradiente de potencial químico até a superfície radicular (BARBER, 1984). Para Araújo (2000), como a difusão de P no solo é mais limitante que a velocidade de absorção radicular, a eficiência de absorção do mesmo está associada a maior produção de área radicular e não a maiores volumes de influxo de P. Assim, a absorção de P em solos de baixa fertilidade está associada ao crescimento radicular e à eficiência de absorção (ARAÚJO et al., 1996).

O feijoeiro é considerado 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 (FOHSE et al., 1988). Quando alguns nutrientes limitam o crescimento vegetal, em particular o N e o P, as raízes se transformam em forte dreno de carboidratos, causando maior limitação ao crescimento da parte aérea que da raiz (CLARKSON, 1985), o que aumenta a razão raiz/parte aérea.

A eficiência de recuperação do P pelo feijoeiro é menor que 10% em solos de cerrado, dependendo da dose aplicada. Em compensação a eficiência de uso do P (produção de grãos por unidade de P acumulado na planta) é muito maior que a de N e K. Portanto a necessidade de P (acumulação na planta) é muito menor do que N e K. A maior

parte do P acumulado na planta é translocado para os grãos. Existe uma correlação significativa e positiva entre acumulação de P nos grãos e produtividade do feijoeiro. Assim, existe a possibilidade de aumentar a produtividade da cultura com o aumento da taxa de absorção de P (FAGERIA et. al., 2003).

O P é o elemento exigido em quantidade cerca de 10 vezes menor que a do N, por exemplo, mas é essencial para a formação da semente e do fruto. Nas sementes é encontrado em grande quantidade, tendo influência também na formação e no desenvolvimento dos primórdios vegetativos e no crescimento de raízes (GRANT et al, 2001).

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

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes, em função sistema radicular pouco desenvolvido e do ciclo curto. Por isso é fundamental que o nutriente seja colocado à disposição da planta em tempo e local adequados (ROSOLEM & MARUBAYASHI, 1994).

As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo do feijoeiro 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, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et. al., 2001).

Levando-se em consideração o balanço entre os suprimentos interno e externo de nutrientes e a demanda da planta por nutrientes, a planta em crescimento pode apresentar diferentes estádios na nutrição mineral. Inicialmente, as plantas vivem das reservas contidas na semente, e o suprimento externo tem pouco efeito no crescimento. Uma segunda etapa ocorre quando a taxa de crescimento é determinada pelo suprimento de nutrientes por meio de um balanço dinâmico entre os fatores internos da planta e suprimento externo (solo). Numa etapa final, a taxa de crescimento relativo pode diminuir por razões outras que a nutrição inadequada. Nesse ponto, a taxa de crescimento das plantas deficientes e não deficientes pode ser a mesma, já que o fator mais limitante ao crescimento não é o suprimento

de nutrientes (GRANT et. al.2001).

Apesar da importância do suprimento de P nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é necessário que seu fornecimento continue também nas fases posteriores. A absorção máxima de P ocorre durante a pré-floração e seu acúmulo nos grãos ocorre principalmente devido a redistribuição do P contido nas folhas e caules. À medida que a planta se desenvolve, o P é removido das folhas e caules e direcionado para os grãos. Contudo, é preciso garantir também o suprimento contínuo de P até a fase de maturação permitindo o funcionamento do mecanismo de translocação de carboidratos para que não haja redução na produção de grãos. O fósforo utilizado na formação dos grãos pode ser suprido pela absorção do solo, pós-antese, assim como pela redistribuição interna do P acumulado nas fases iniciais (GRANT et. al., 2001).

Segundo Rosolem & Marubayashi (1994), a época de maior velocidade de absorção de fósforo pelo feijoeiro vai desde aproximadamente 30 até os 55 dias após a emergência das plântulas, ou seja, desde o estágio fisiológico anterior ao aparecimento dos botões florais até o final do florescimento, quando já existem algumas vagens formadas. Embora a demanda seja alta durante todo esse período, ela acentua-se no final do florescimento e no início da formação das vagens, época em que o feijoeiro absorve de 0,20 a 0,30 kg de P ha⁻¹ dia⁻¹.

A influência do P na planta do feijão está no aumento da produção de massa de matéria seca da parte aérea, aumento no número de vagens e na massa de sementes, que são os principais determinantes no aumento da produtividade. Entre os componentes de produção, o número de vagens por unidade de área contribui mais no aumento da produtividade do feijão do que quaisquer outros parâmetros (FAGERIA et al., 2003).

Segundo Ramalho et al. (1993), o número de vagens por planta parece ser o componente com maior participação na produção de grãos do feijoeiro e com maior potencial no processo seletivo sendo, de acordo com Ciat (1986) o componente mais afetado pela deficiência de P. Contudo, sob condições de baixa disponibilidade de P, Youngdahl (1990) observou, em linhagens com maior rendimento, um maior número de sementes por vagem.

A produção de massa de matéria seca pelo feijoeiro está associada com a produtividade e também com a absorção e acumulação de fósforo na cultura. Segundo Fageria et al. (2003), a produção de matéria seca pelo feijoeiro segue o modelo exponencial quadrático em relação à idade da planta. A produção de massa de matéria seca é linear até os 78 dias de idade diminuindo após esse período devido a queda de folhas e, também, em função da translocação de produtos fotossintetizados para as vagens e as sementes.

Fageria (1998), ao avaliar a eficiência de uso de fósforo por genótipos de feijoeiro, constatou que existe diferença entre cultivares quanto à eficiência de uso de P e que a massa de matéria seca da parte aérea e o teor de P na parte aérea aumentaram significativamente com o aumento dos níveis de P no solo. Em solo com baixo teor de P, Singh et al. (1989) constataram maturação precoce e redução na massa de 100 sementes e na produção de sementes em feijoeiro.

Vidal & Junqueira Neto (1982) relatam aumento na produtividade de grãos, no número de vagens por parcela e na massa de 100 sementes em dois cultivares de feijão, Carioca e Jalo, em função da adubação fosfatada.

A deficiência de P pode restringir a absorção, assimilação e translocação de N nas plantas (GNIAZDOWSKA et al., 1990), sendo que a deficiência generalizada de P nas regiões produtoras de feijão talvez seja, segundo Araújo et al. (2002), o fator nutricional mais limitante à fixação de N em cultivos menos tecnificados. O feijoeiro tem sido considerado uma espécie com baixa capacidade de fixação simbiótica de N₂, quando comparada a outras leguminosas, devido a suscetibilidade da espécie a estresses ambientais e nutricionais e ao curto período vegetativo (CHAVERRA & GRAHAM, 1992).

Segundo Teixeira et al. (1996), a adubação fosfatada proporciona, frequentemente, aumento na produção do feijoeiro, sendo bastante estudado também, o seu efeito sobre a fixação biológica do nitrogênio. O papel do fósforo na fixação simbiótica do N atmosférico foi verificado por Berger et al. (1983) que não encontraram efeito da adubação nitrogenada na presença de quantidade elevadas de adubação fosfatada, atribuindo esse efeito a influência deste nutriente sobre o *Rhizobium phaseoli*, beneficiando e estimulando as

bactérias, de forma que o N fixado simbioticamente foi suficiente para atender as necessidades em N da cultura.

O P tem um efeito benéfico na fixação simbiótica de N₂, atuando diretamente sobre a iniciação, crescimento e funcionamento dos nódulos (ISRAEL, 1987) aumentando sua atividade (PEREIRA & BLISS, 1987) e estimulando o crescimento do hospedeiro (GATES & WILSON, 1974). Assim, o fósforo estimula, indiretamente, o teor de N na planta melhorando o conteúdo de proteínas das sementes.

O índice de área foliar, medido por ocasião do florescimento, mais que duplicou em solo deficiente em P adubado com 72kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação ao mesmo solo não adubado (SILVA et al., 2003b). De acordo com Rodriguez et al. (1998), o baixo suprimento de P diminui a área foliar, em consequência principalmente da redução no número de folhas e, secundariamente, da limitação à expansão das mesmas. Contudo, Fredeen et al. (1989) mencionam que a deficiência de P tem pequena influência nas taxas fotossintéticas. No feijoeiro a baixa disponibilidade de P afetou o crescimento das plantas 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).

A deficiência de fósforo pode reduzir tanto a respiração como a fotossíntese, porém, se a respiração for reduzida mais que a fotossíntese, os carboidratos se acumulam, deixando as folhas com coloração verde-escura. A deficiência também pode reduzir a síntese de ácido nucléico e de proteína, induzindo a acumulação de compostos nitrogenados solúveis no tecido. Dessa forma, o crescimento da célula é retardado e potencialmente paralisado. Como resultado, os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta (caules mais curtos e finos), atraso na emergência das folhas e reduções na brotação, no desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de massa de matéria seca, no número de vagens e na produção de sementes (GRANT et al. 2001). Segundo Oliveira et al. (1996), plantas de feijoeiro deficientes em P perdem o vigor, chegam a maturidade lentamente e podem produzir sementes pequenas.

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 decresce depois do início da formação das vagens e o índice de colheita é superior ao dos demais macronutrientes, indicando uma elevada translocação de P para as sementes (HAAG et al. 1967). De acordo com Snapp & Lynch (1996), a remobilização de P supre mais da metade do nutriente das vagens e sementes, sendo que o seu baixo suprimento antecipa a remobilização das folhas.

Ao avaliarem o efeito do suprimento de P na senescência foliar do feijoeiro, Lima et al. (2002) constataram que o suprimento limitado de P causa redução na formação de folhas, que é parcialmente compensado pela planta com o atraso na senescência foliar. Em doses intermediárias de P, há uma adequada produção de folhas, com manutenção das folhas existentes e retardamento na senescência foliar. Suprimentos elevados de P causam estímulo à produção de folhas, mas aumentam a senescência foliar, indicando uma aceleração do metabolismo vegetal.

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

Ao avaliarem cultivares de feijão quanto a eficiência no uso de P, Oliveira et al. (1987) verificaram que o maior retorno econômico em relação ao nível de P aplicado ficou situado na faixa entre 30 e 120kg ha^{-1} de P_2O_5 , muito distante das doses utilizadas para se obter o máximo de rendimento físico (500 e 600kg ha^{-1} de P_2O_5), indicando que as doses que elevaram o rendimento das cultivares ao ponto máximo não devem ser recomendadas para a cultura. Contudo, segundo Oliveira et al. (1996), a cultura do feijoeiro tem sua maior produção numa faixa compreendida entre 90 a $120\text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$.

O rendimento de sementes do feijoeiro em solo arenoso aumentou com a aplicação de P, atingindo um rendimento de máxima eficiência econômica (3821kg ha^{-1}) com a aplicação de 98kg ha^{-1} de P_2O_5 (SILVA et al., 2001).

Em experimento conduzido em casa de vegetação, Fageria (1989) observou que a produtividade do feijoeiro é incrementada com a adubação fosfatada, no entanto, a magnitude de resposta variou entre cultivares. A máxima produtividade foi obtida com aplicação de 125 e 150mg kg^{-1} de solo, dependendo da cultivar avaliada.

O feijoeiro, cv. FEPAGRO 44 Guapo Brilhante, cultivado num Neossolo Litólico Distrófico, mostrou resposta significativa à adubação fosfatada em termos de rendimento de semente, seguindo uma relação quadrática com máxima produtividade (3682kg ha^{-1}) na dosagem de 226kg ha^{-1} de P_2O_5 (SILVA & VAHL, 2002).

Silveira & Moreira (1990), ao estudarem a resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água, sob condições de campo, constataram aumentos no rendimento de sementes com a aplicação de doses crescentes de fósforo, com respostas variáveis de acordo com a lâmina de água aplicada, contudo, melhores resultados foram obtidos na dose de 400kg ha^{-1} de P_2O_5 . Segundo Rosolem & Marubayashi (1994), em culturas irrigadas se obtém maior produtividade com a mesma dose de P, pois o adubo aplicado, assim como o P do solo, é melhor aproveitado pela planta. Entretanto, em função da maior produtividade que se obtém nessa condição, a dose econômica de P é maior que aquelas da cultura de sequeiro.

Em solo com alto teor de fósforo, Andrade et al. (1999) não obtiveram respostas na produtividade de sementes com aplicação de doses crescentes de P no solo. Entretanto, Silva et al. (2003b) ao avaliarem o rendimento de grãos do feijoeiro sob duas condições de adubação verificaram que, em virtude da baixa disponibilidade de P no solo em que foi desenvolvido o experimento, a adubação fosfatada exerceu um efeito significativo proporcionando aumento de 2,8 vezes em média na produção de grãos, elevando de 724kg ha^{-1} no solo sem adubação para 2009kg ha^{-1} no solo adubado com 72kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Segundo Silva & Vahl (2002), além do efeito na produção, a disponibilidade de nutrientes no solo em que a planta é cultivada pode alterar a composição química da semente. Teores crescentes de fósforo no solo aumentaram a quantidade de P, Mg e Zn e diminuíram a porcentagem de N nas sementes. Os teores de K e Ca não foram afetados pela aplicação de fósforo (VIEIRA, 1986a).

Os teores dos macronutrientes N, K, Ca, e Mg e dos micronutrientes Cu, Fe, Mn, e Zn nas sementes não foram afetados significativamente pela adubação fosfatada. No entanto, o teor de P nas sementes aumentou linearmente com a adubação fosfatada (SILVA E VAHL, 2002). Todavia, Barreiro et al. (2003) em sementes de feijão cv. IAC Carioca, não obtiveram respostas significativas nas porcentagens de açúcares total e redutor em função de doses crescentes de fósforo aplicadas em solo com baixo teor de P.

Além da relação com a produção de sementes, estudos tem sido realizados associando a adubação fosfatada à qualidade fisiológica de sementes de várias espécies, como amendoim (NAKAGAWA et al., 1980 e MARUBAYASHI et al., 1997), soja (MUGNISJAH & NAKAMURA, 1984), milho pipoca (FORNASIERI FILHO et al., 1988), girassol (GOYA & SADER, 1990), crotalária júncea (DOURADO et al. 2001), triticale (MORAIS et al, 2002) e feijão (VIEIRA, 1986a, ANDRADE et al.,1999 e SALUM et al., 2003).

O fósforo é um dos nutrientes capaz de afetar o vigor das sementes e consequentemente o potencial produtivo da planta (SILVA et al., 2003b). Grandes quantidades de P são encontradas nas sementes e frutos, essenciais para sua formação e desenvolvimento. O fósforo também é componente da fitina, a principal forma de armazenamento de P na semente. Cerca de 50% do P total nas sementes de leguminosas e 60-70% nas sementes de cereais são armazenados como fitina ou como componentes relacionados. O suprimento inadequado de P pode reduzir o tamanho e número de sementes e sua viabilidade (POTAFÓS, 2002).

No feijão, plantas cultivadas em solo com altos teores de fósforo produziram sementes mais pesadas e com maior vigor em relação às das plantas mal nutridas com esse nutriente. No entanto, os teores de P no solo onde as sementes foram produzidas não influenciaram a porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas no teste de germinação (VIEIRA, 1986a).

Avaliando o efeito da adubação fosfatada e do tamanho na qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Carioca Precoce, Zucareli et al. (2003a) observaram que as doses de 0, 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicadas no solo, promoveram melhor qualidade fisiológica em sementes de maior tamanho, retidas nas peneiras 15, 14 e 13/64"x3/4. Contudo, a adubação fosfatada não alterou a qualidade de sementes menores retidas na peneira 12/64"x3/4.

A qualidade fisiológica de sementes de feijão, cv. IAC Carioca, não foi incrementada pela adubação fosfata aplicada em solo com baixo teor de P, todavia, a aplicação de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ (RAMOS JÚNIOR et al., 2003b).

A qualidade fisiológica e a massa de 100 sementes de feijão cv. IAC Carioca Tybatã, cultivado no período da seca, não foram alteradas pela adubação fosfatada residual aplicada ao solo no período das águas (SALUM et al., 2004).

As plantas respondem à deficiência de P com adaptações que as permitem maximizar a probabilidade de produzir algumas sementes viáveis. Geralmente, o estresse de P diminui mais o número total de sementes produzidas que o tamanho da semente. Em cereais, como o trigo, a redução no número de sementes ocorre pela redução do número de espigas férteis e do número de grãos por espiga. Com menor número de sementes formadas, a planta aumenta o suprimento de nutriente por semente, melhorando assim, a viabilidade da mesma (GRANT et al., 2001).

4.4. O fósforo na semente

Os cultivares de feijão com maiores rendimentos apresentam menores teores de P na semente (ARAÚJO 2000). No entanto, Fagéria et al. (2003) relatam que o teor e a acumulação de P nas sementes de feijão estão correlacionados significativamente com a produção. Assim, com a adoção de práticas apropriadas de manejo de P no solo e uso de genótipos eficientes é possível aumentar o teor e acumulação de P nas sementes e, conseqüentemente, aumentar a produtividade do feijoeiro.

De acordo com Batten (1986), uma maior eficiência na utilização de P pode ser obtida em genótipos que retêm P nos tecidos vegetativos, mantendo a taxa e duração da fotossíntese na folhas e minimizando o teor de P nas sementes. Baixos teores de P na semente podem reduzir as necessidades de fertilizante e diminuir o teor de fitina, principal forma de armazenamento deste nutriente (FEIL et al. 1992).

De acordo com Raboy & Dickinson (1993), a maior eficiência na utilização de P por cultivares de feijoeiro pode ser obtida pela redução do teor desse elemento na semente, melhorando sua qualidade nutricional e aumentando a sustentabilidade da produção ao diminuir a exportação do nutriente. Contudo, altos teores de P na semente promovem maior crescimento e nodulação e são desejáveis para a maior eficiência da

simbiose com bactérias, Além disso, o aumento da qualidade nutricional pela seleção para menor teor de fitina pode vir acompanhado de uma redução indesejável dos teores de P total e de proteína.

O aumento da concentração de P na semente pode ser usado para melhorar o suprimento de P no início do ciclo e aumentar o crescimento subsequente da planta. Muitas plantas podem viver do P contido na semente por cerca de duas semanas (GRANT et al., 2001).

Segundo Jacob Neto & Rossetto (1998) o aumento da concentração de nutrientes na semente pode ser obtido mais comumente pela adubação com nutrientes no solo e pela pulverização foliar. Contudo, o aumento da concentração de nutrientes também pode ser alcançado pela aplicação direta as sementes via peletização ou via embebição em soluções contendo nutrientes.

Ao avaliarem as possibilidades de aumento no teor de P na semente de feijoeiro via adubação foliar com P em diferentes estádios, Teixeira & Araújo (1999) constataram, em condições de casa de vegetação, que aplicações tardias foram mais efetivas necessitando, entretanto, pelo menos duas aplicações. Todavia, o aumento no teor de P na semente foi acompanhado de redução no número de sementes por vagem e na massa de 100 sementes. Esses autores verificaram ainda, que a aplicação de 16g L^{-1} de P via foliar aumentou o teor de P na semente, entretanto, reduziu a produção de grãos e os componentes de produção. A redução na produção de grãos foi atribuída às injúrias foliares causadas pela alta concentração de P no adubo.

O aumento no teor de P nas sementes pela aplicação do nutriente via foliar também foi constatado sob condições de campo, com aplicação de solução contendo 10g L^{-1} de P. As aplicações no estágio de formação das vagens mostraram-se mais efetivas no aumento do teor de P nas sementes que a aplicação no período de floração, onde o P aplicado é utilizado para o crescimento vegetativo (TEIXEIRA & ARAÚJO, 1999).

Considerando que o suprimento limitado de P causa atrasos no desenvolvimento da nodulação no feijoeiro (ARAÚJO & TEIXEIRA, 2000), o maior teor de P em sementes pode aumentar a disponibilidade do nutriente em estádios iniciais de infecção e formação de nódulos, particularmente sob condições de baixa disponibilidade de P,

contribuindo para a fixação biológica de N_2 na cultura (TEIXEIRA et al. 1999 e ARAÚJO et al. 2002).

Sementes de feijão com maior teor de P, cultivado sob adubação com doses crescentes desse nutriente, mostraram-se menos dependentes desse elemento no solo. Essas mesmas sementes quando cultivadas em solo adubado com 60kg ha^{-1} de P_2O_5 produziram maior número e massa de nódulos, acumularam mais nitrogênio e massa de matéria seca na parte aérea e nas raízes que as originadas de sementes com menor teor, porém cultivadas em solo adubado com 180kg ha^{-1} de P_2O_5 (TEIXEIRA, 1995).

Teixeira et al. (1996), ao avaliarem o efeito da concentração de fósforo na semente sobre a produção de massa seca, em três cultivares de feijoeiro, observaram que a elevação dos níveis de P do solo, via adubação, resultou em aumento significativo na acumulação de massa seca da parte aérea; plantas provenientes de sementes com maior conteúdo de P foram menos influenciadas pelo fornecimento de P via solo que as oriundas de sementes com menor conteúdo do elemento. Os autores atribuíram esse efeito à maior disponibilidade interna de P na semente beneficiando o crescimento inicial das raízes, maior energia para absorção ou favorecendo o estabelecimento da nodulação.

Plantas de feijão originadas de sementes com alto teor de P produziram maior massa de parte aérea e número e massa de nódulos e foram menos responsivas ao suprimento de P no solo do que plantas oriundas de sementes com baixo teor de P (TEIXEIRA et al. 1999 e LIMA et al. 2000).

Avaliando os efeitos do teor de P nas sementes de feijão produzidas em um mesmo local, em solo com e sem limitação de P, Silva et al. (2003b) observaram que o teor de P na semente influenciou positivamente o índice de área foliar e o rendimento de grãos do feijoeiro, sendo este efeito maior no solo adubado do que no solo não adubado e deficiente em P. Os autores verificaram também, que o teor de P na semente não afetou significativamente o teor de P nas folhas na fase de floração, embora na ausência de adubação fosfatada tenha havido uma tendência das sementes com maior teor de P produzirem plantas com maior teor deste nutriente nas folhas.

O baixo teor de fósforo em sementes de tremoço originou plantas com menor massa de parte aérea e menor número e massa de nódulos em todas as doses de P avaliadas, particularmente sob deficiência de P no solo (THOMSON et al, 1991), enquanto em

plantas de cevada o menor teor de P da semente causou diminuição na massa da parte aérea e de raiz (ZHANG et al., 1990).

O conteúdo de P em sementes de soja promoveu aumento significativo na massa de matéria seca de plântulas aos 21 dias após a emergência, na altura das plântulas, no número de vagens e no número de sementes por planta (BRITOS, 1985). Trigo et al. (1997) também constataram aumento no rendimento de sementes de soja propiciado pelo incremento na concentração de P em sementes. No entanto, os autores verificaram que o efeito benéfico da alta concentração de fósforo na semente de soja, manifesta-se melhor em solos com alta disponibilidade deste elemento. Os efeitos do P no solo são maiores que os do P na semente, entretanto, o conteúdo de fósforo nas sementes é relevante principalmente para o estabelecimento das plantas em solos com menor disponibilidade de P.

Em experimento realizado em vaso sob condições de casa de vegetação, Araújo et al. (2002) verificaram que sementes com maior teor de P, aumentam o crescimento da parte aérea, a nodulação e o acúmulo de N em plantas de feijoeiro no estágio vegetativo, particularmente sob baixas doses de P aplicadas via solo. Ressaltam ainda, que o maior crescimento inicial das plantas, oriundas de sementes com alto teor de P, pode afetar a produção de grãos, particularmente sob condições de estresse ambiental. O aumento da área foliar no início do desenvolvimento de plantas oriundas de sementes com alto teor de P pode provocar efeitos cumulativos nas taxas de crescimento posteriores, mesmo admitindo taxas de assimilação líquida similares.

Grant et al. (2001), trabalhando em casa de vegetação, com sementes de trigo de mesmo tamanho, porém com concentrações crescentes de P (de 0,14 a 0,37%), observaram que as plantas sobrevivem até 35 dias após a germinação apenas com o P da semente. Esses autores, avaliando sementes com concentração de P variando em 40%, em condições de campo, observaram que as plântulas originadas de sementes com maior concentração de P emergiram mais rapidamente e apresentaram maior crescimento inicial e a maior área foliar que as provenientes de sementes com menos P.

Os resultados de pesquisa sobre o efeito do teor de P da semente no desempenho das culturas são contraditórios (SILVA et al., 2003b). Essa divergência de resultados, segundo os autores, deve-se às condições em que foram desenvolvidos os

experimentos, sobretudo no aspecto nutricional. Os eventuais efeitos do teor de P na semente sobre o crescimento e a produção da planta não parecem ser uma consequência direta da quantidade transferida para a planta adulta, pois essa quantidade é pequena quando comparada a necessidade total de uma planta. Entretanto, poderá haver uma consequência direta na plântula pelo melhor vigor inicial, sobretudo em solo com carência de P. Contudo, a maioria dos experimentos que avaliaram o efeito do teor de P das sementes sobre o desenvolvimento da planta foram conduzidos com avaliações apenas durante a fase vegetativa.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e características do local

O trabalho foi realizado em condições de campo e de laboratório. A fase de campo foi conduzida na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu-UNESP, que se encontra a 22°45' latitude sul, 48°34' longitude oeste de Greenwich, com altitude de 750m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, Cfa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no período de inverno. As precipitações pluviais se concentram nos meses de novembro a abril e a precipitação pluvial média anual do município é de 1433 mm. A umidade relativa do ar é de 71%, com temperatura média de 23°C. A fase laboratorial foi realizada nos laboratórios de Análise de Sementes e Relação Solo-planta, pertencentes ao Departamento de Produção Vegetal-Agricultura, também da Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu.

5.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos oito experimentos em duas etapas. A primeira, referente à produção de sementes de feijão sob adubação com diferentes níveis de fósforo em duas épocas de cultivo e a segunda, referente à avaliação do desempenho das sementes

produzidas na primeira etapa com diferentes teores de P, combinado com a adubação fosfatada via solo.

Na primeira etapa foram avaliados dois cultivares de feijão, Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã, em duas épocas de cultivo, “águas” (E1) e “seca” (E2), totalizando quatro experimentos. Nestes, utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Foram avaliadas as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg de P_2O_5 por hectare, utilizando como fonte de P o superfosfato triplo. A parcela experimental foi constituída por seis linhas de 10m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,5m. A área útil de cada parcela experimental foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5m de cada extremidade, totalizando 18m².

Na segunda etapa, as sementes obtidas na primeira foram semeadas na época subsequente de cultivo sob o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3X3, correspondente a três teores de fósforo na semente (Quadro 1) e três doses de fósforo aplicadas via solo (0, 90 e 150 kg de P_2O_5 por hectare), totalizando nove tratamentos, com cinco repetições. Os teores de P na semente foram obtidos a partir da análise química realizada nos tratamentos da primeira etapa, selecionando-se os tratamentos com menor (P1), intermediário (P2) e maior (P3) teor do elemento na semente dentro de cada cultivar e época de cultivo. A parcela experimental foi constituída de seis linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,5m. A área útil de cada parcela experimental foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5m de cada extremidade, totalizando 8m².

Quadro 1: Teores de fósforo nas sementes de feijão produzidas sob diferentes níveis de P e selecionadas para avaliação do desempenho em campo na segunda etapa da pesquisa.

Cultivar/Época	P1	P2	P3
Carioca Precoce - E1	3,11	3,46	3,80
Carioca Precoce - E2	2,55	3,61	4,10
IAC Carioca Tybatã - E1	2,87	3,35	3,94
IAC Carioca Tybatã - E2	3,08	3,70	4,27

5.3. Cultivares

a) Carioca Precoce

O cultivar Carioca Precoce foi selecionado por um agricultor por meio de observação em campo de plantas de ciclo mais curto e, posteriormente, melhorado pelo DSMM/CATI, por meio de seleção massal. A produtividade do cultivar pode chegar a 3000kg ha⁻¹ no cultivo da seca e de inverno e 2500kg ha⁻¹ no cultivo das águas para o estado de São Paulo. Apresenta plantas com hábito de crescimento determinado, com 43cm de altura, em média, porte prostrado, folhas verdes-claras, flores brancas, vagens de cor creme ou palha. As sementes apresentam tegumento de cor creme, com listras castanha-clara e halo creme-claro, com massa de 100 sementes em torno de 21g. É um cultivar de ciclo curto, 65 a 80 dias, que pode ser utilizada na rotação de culturas permitindo o plantio de mais de uma cultura econômica dentro de um mesmo período. Devido ao ciclo, é mais exigente em fertilidade do solo e disponibilidade de água, sendo recomendada para solos de fertilidade média/alta e cultivo irrigado. Apresenta resistência ao mosaico-dourado, no entanto é suscetível à antracnose, à ferrugem e à mancha angular e, moderadamente suscetível ao crestamento-bacteriano (VASCONCELLOS & VECHI, 2005).

b) IAC Carioca Tybatã

O IAC Carioca Tybatã é um feijão com alto potencial produtivo, podendo atingir mais de 4000kg ha⁻¹ quando aplicada tecnologia apropriada a cultura. Apresenta plantas com crescimento indeterminado, hastes verdes, guia de curta a longa dependendo do ambiente, porte semi-ereto e flores de cor branca. As folhas são de cor verde e as vagens apresentam coloração amarelo-esverdeada clara na maturação fisiológica, com ou sem estrias avermelhadas. As sementes são de coloração creme marmorizado, com listras marrons e halo creme claro. A massa média de 100 sementes é de cerca de 23,2g e o teor médio de proteína é de 24,1%. É uma cultivar de ciclo médio, 86 dias no cultivo das águas e 90 dias nos cultivos da seca e de inverno. Apresenta porte semi-ereto que facilita todo o manejo da cultura, incluindo tratamentos culturais e fitossanitários e a colheita manual ou

mecanizada. O cultivar apresenta resistência à antracnose, à ferrugem e ao vírus do mosaico comum do feijoeiro. Apresenta, também, bom nível de resistência ao vírus do mosaico dourado (POMPEU, 2001).

5.4. Instalação e condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em solo classificado como Latossolo Roxo (CARVALHO et al. 1983) Podendo ser denominado de Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). Previamente à instalação dos mesmos, foram coletadas amostras de solo das áreas experimentais à profundidade de 0-20 cm para análise de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001). A necessidade de calagem, a adubação básica de semeadura e a de cobertura foram calculadas de acordo com Ambrosano et al. (1996), baseando-se nos resultados da análise química do solo (Quadro 2).

Quadro 2: Características químicas iniciais do solo das áreas experimentais na profundidade de 0-20cm.

	pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	.....mmol _c dm ⁻³	.....mmol _c dm ⁻³	.....mmol _c dm ⁻³	.....mmol _c dm ⁻³	.....mmol _c dm ⁻³	.....mmol _c dm ⁻³	(%)	.....mg dm ⁻³	.....mg dm ⁻³	.....mg dm ⁻³	.....mg dm ⁻³	.....mg dm ⁻³
Produção de sementes															
CP - E1	4,8	24	6	31	3,5	23	10	36	67	54	0,21	9,7	14	35,6	1,7
CP - E2	4,5	24	4	34	4,5	20	6	30	64	47	0,36	10,2	15	42,3	1,7
T - E1	4,6	20	3	64	5,0	17	8	30	94	32	0,19	6,8	17	30,2	0,9
T - E2	5,0	25	9	34	5,1	24	5	44	78	56	0,25	9,9	25	43,5	2,3
Avaliação do desempenho das sementes															
CP - E1	5,3	25	5	24	6,6	26	12	45	69	65	0,27	9,4	27	82,2	2,8
CP - E2	4,8	20	5	55	5,0	19	9	33	88	38	0,20	6,9	19	38,2	1,4
T - E1	4,7	31	8	49	7,7	20	20	48	97	49	-----	6,6	15	54,8	2,2
T - E2	4,9	28	9	39	6,3	22	16	44	83	43	-----	8,4	18	46,2	1,9

CP – Carioca Precoce; T- IAC Carioca Tybatã; E1- Época das águas; E2- Época da seca

A calagem foi realizada, aproximadamente, dois meses antes da semeadura visando a elevação da saturação por bases para 70%. Em todos os experimentos, no momento da semeadura foram aplicados 10kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio e 10kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. Em cobertura foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N, também na forma de uréia, parcelados aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas.

O preparo do solo, em todos os experimentos, foi realizado quando o mesmo apresentava condições adequadas de umidade, realizando-se uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem realizada logo após a aração e a segunda, às vésperas da sementeira.

As sementes utilizadas foram tratadas com Vitavax-Thiram (carboxin + thiram) na dosagem de 200mL 100kg⁻¹ de semente, horas antes da sementeira que foi realizada com quinze sementes por metro, para se obter densidade de aproximadamente 240.000 plantas ha⁻¹.

No Quadro 3 são apresentadas as datas de sementeira, de emergência das plântulas, de florescimento, de colheita e o ciclo da cultura para todos os experimentos. Os dados de precipitação pluvial e de temperaturas máxima, média e mínima, observados durante a condução dos experimentos, foram obtidos no Posto Meteorológico do Departamento de Recursos Naturais-Ciências Ambientais, localizado na Fazenda Experimental Lageado, FCA/UNESP, e são apresentados nas Figuras 1 a 4.

Quadro 3: Momento de sementeira, de emergência das plântulas, de florescimento, colheita e ciclo da cultura do feijoeiro (dias após a emergência).

Experimentos	Sementeira	Emergência	Florescimento	Colheita	Ciclo da cultura (dias)
Produção de sementes					
Carioca Precoce – E1	23/08/02	01/09/02	13/10/02	20/11/02	90
Carioca Precoce – E2	06/03/03	13/03/03	18/04/03	28/05/03	84
IAC Carioca Tybatã – E1	23/08/02	01/09/02	22/10/02	09/12/02	109
IAC Carioca Tybatã – E2	14/03/03	21/03/03	08/05/03	01/07/03	110
Avaliação do desempenho das sementes					
Carioca Precoce – E1	28/02/03	07/03/03	15/04/03	26/05/03	88
Carioca Precoce – E2	16/10/03	24/10/03	01/12/03	12/01/04	89
IAC Carioca Tybatã – E1	28/02/03	07/03/03	30/04/03	16/06/03	112
IAC Carioca Tybatã – E2	16/10/03	24/10/03	15/12/03	29/01/04	106

E1- Época das águas; E2- Época da seca

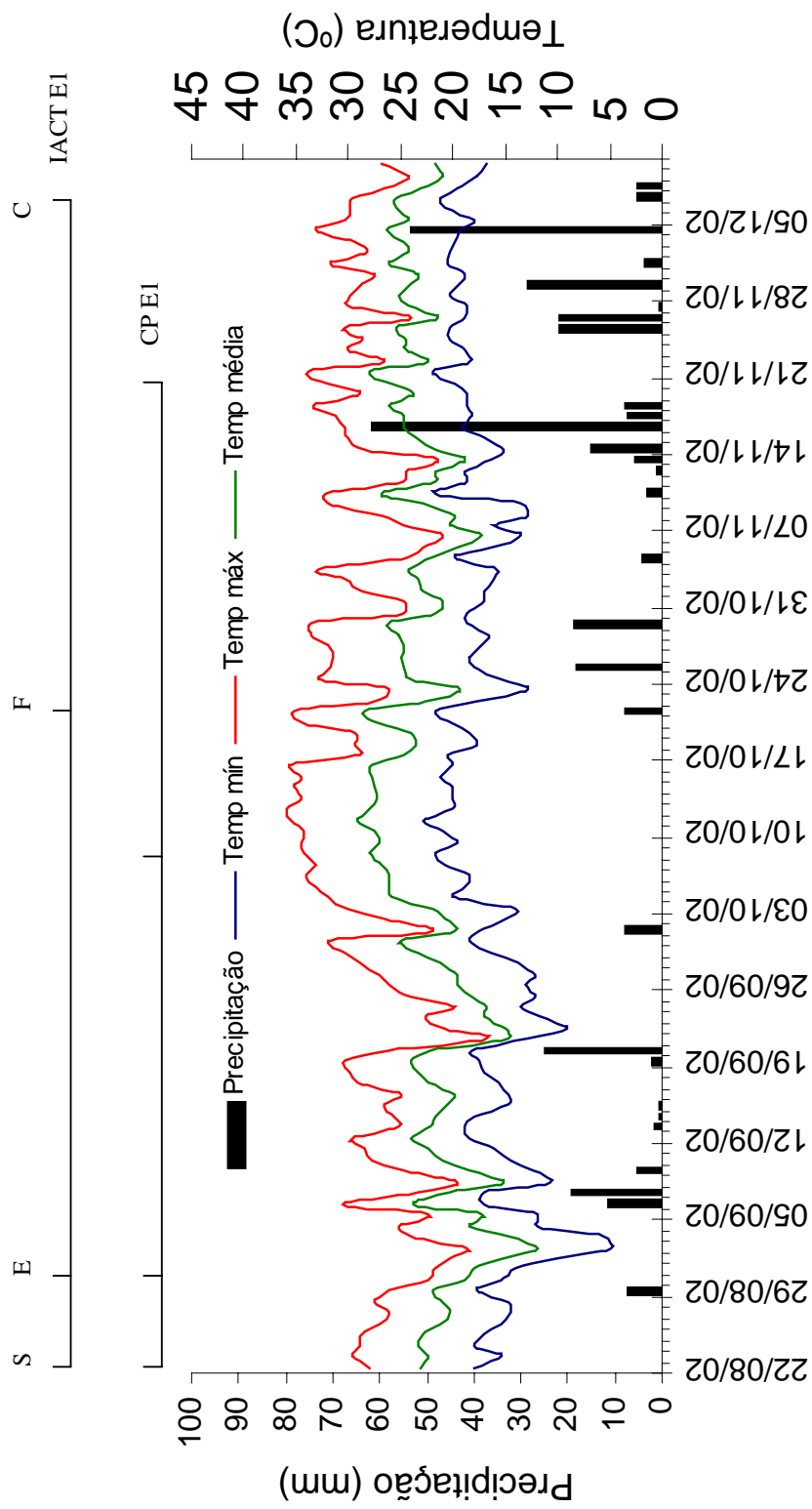


Figura 1: Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para produção de sementes dos cultivares Carioca precoce (CP E1) e IAC Carioca Tybatã (IACT E1) cultivados no período das águas. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F=florescimento pleno, C=colheita).

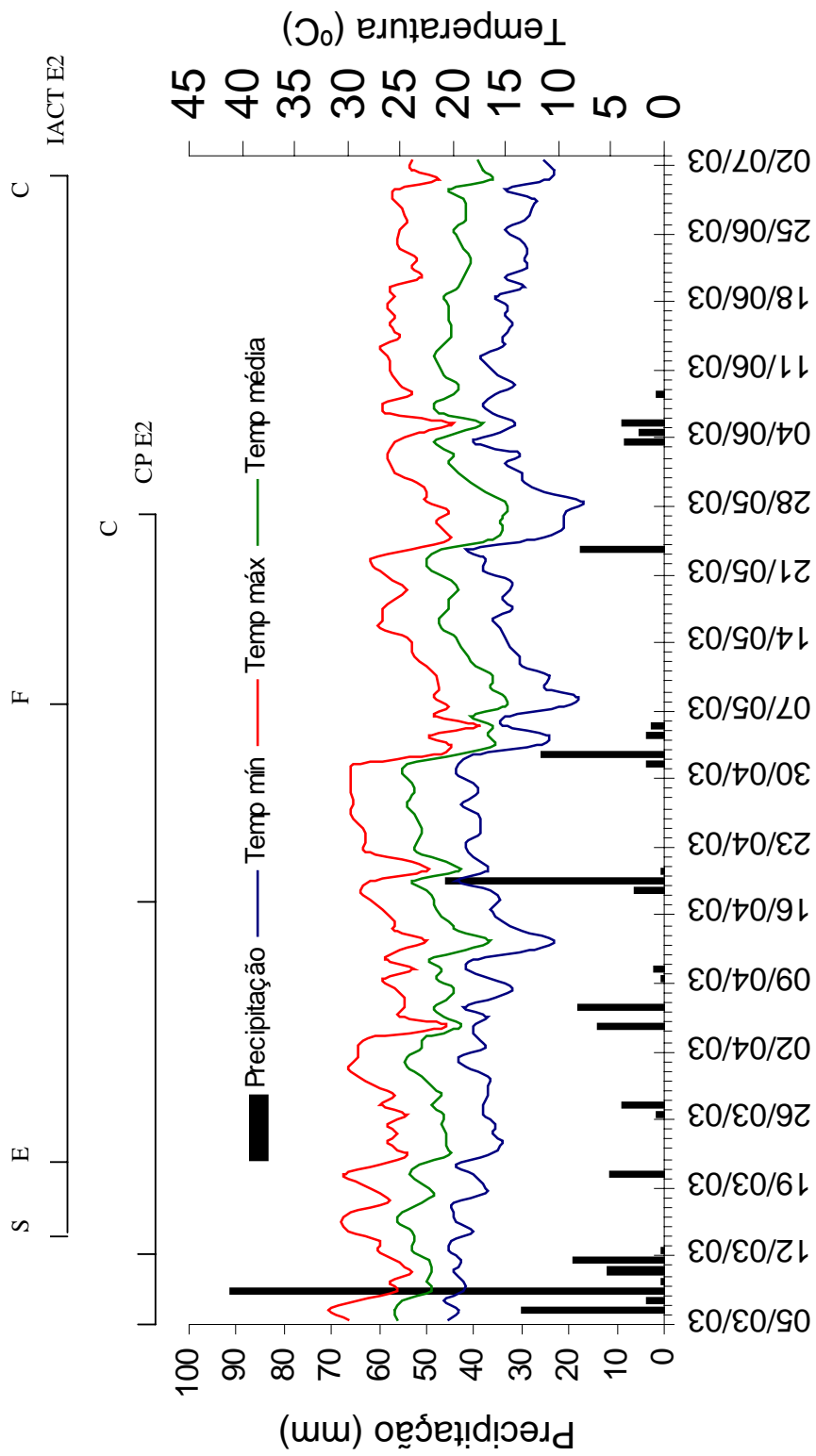


Figura 2: Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para produção de sementes dos cultivares Carioca precoce (CP E2) e IAC Carioca Tybatã (IACT E2) cultivados no período da seca. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F= florescimento pleno, C=colheita).

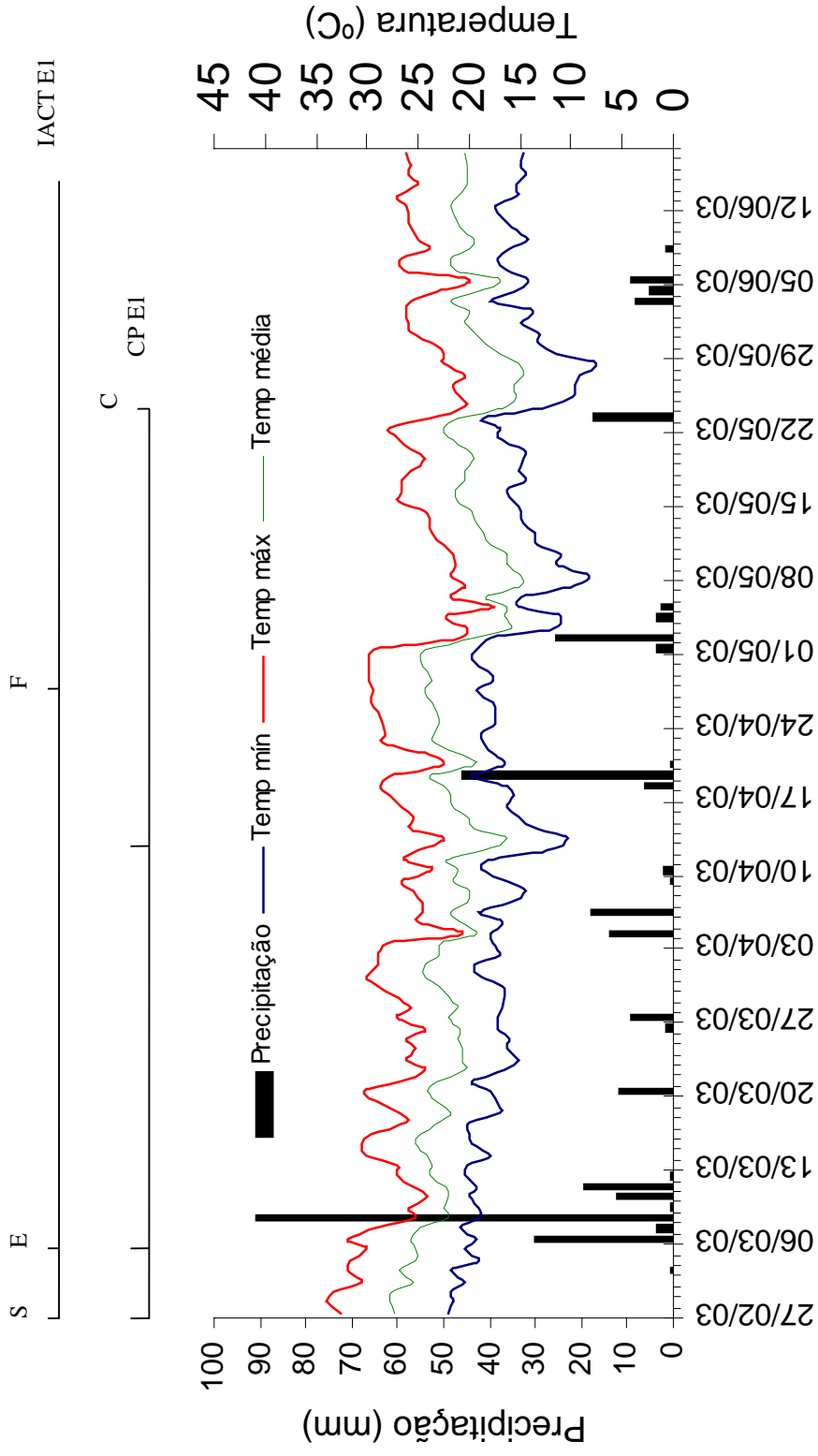


Figura 3: Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para avaliação do desempenho das sementes produzidas no período das águas, dos cultivares Carioca precoce (CP E1) e IAC Carioca Tybatã (IACT E1) cultivados no período da seca. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F= florescimento pleno, C=colheita).

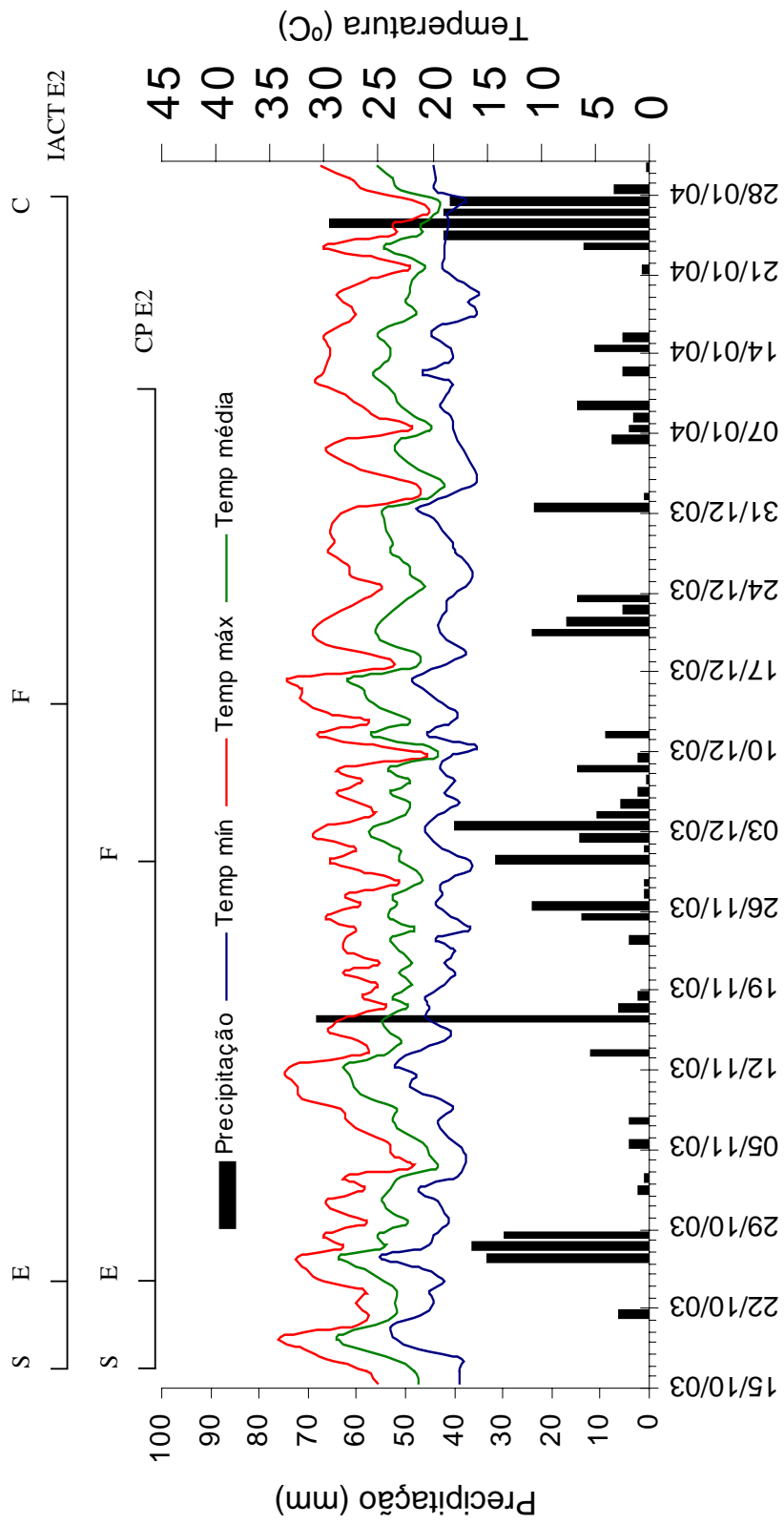


Figura 4: Ciclo da cultura, dados diários de precipitação pluviométrica e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento para avaliação do desempenho do desemenho das sementes, produzidas no período da seca, dos cultivares Carioca precoce (CP E2) e IAC Carioca Tybatã (IACT E2) cultivados no período das águas. (S=semeadura, E=emergência das plântulas, F= florescimento pleno, C=colheita).

Para controle das plantas daninhas foi aplicado Trifluralina ($1,8 \text{ l ha}^{-1}$) em pré-plantio incorporado. Durante o ciclo da cultura, as plantas daninhas foram controladas, quando necessário, pela aplicação de produtos recomendados para a cultura e por capinas manuais. Para o controle das pragas e doenças foi realizado o monitoramento da cultura e, quando necessário, foi aplicado produtos recomendados para a cultura do feijoeiro utilizando-se pulverizadores costais ou tratorizados

As irrigações foram efetuadas, sempre que necessário, por um sistema de aspersão do tipo convencional de modo a atender às necessidades do sistema solo-planta, principalmente nas fases de emergência das plântulas, de florescimento pleno e de enchimento de grãos.

5.5. Parâmetros avaliados durante a produção de sementes

Na primeira etapa foram avaliadas a produtividade, a qualidade fisiológica, a composição mineral, os teores de proteína e de açúcares total e redutor das sementes, conforme metodologias descritas a seguir:

5.5.1. Produtividade de sementes

Foi determinada a massa das sementes produzidas nas duas linhas centrais da área útil de cada parcela experimental, sendo os dados obtidos transformados em kg ha^{-1} e corrigidos para 13% de umidade.

5.5.2. Composição química das sementes

a) Teores de nutrientes nas sementes

Amostras de sementes, correspondentes aos blocos no campo, retidas em peneira de crivo oblongo 11/64"x3/4, foram submetidas a secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, moídas e posteriormente analisadas, no Laboratório de Relação Solo-planta do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura, para determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn, segundo Malavolta et al. (1989).

b) Teor de proteína nas sementes

O teor de proteína das sementes foi determinado mediante a multiplicação do valor de nitrogênio (MALAVOLTA et al., 1989) pelo índice 6,25 (AOAC, 1990).

c) Teores de açúcares total e redutor

Os teores de açúcares total e redutor das sementes foram determinados pelo método de Dubois et al. (1956) e Nelson (1944), respectivamente.

5.5.3. Qualidade das sementes

A qualidade das sementes colhidas na área útil de cada parcela experimental, foi avaliada no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura com cinco repetições, correspondentes aos blocos no campo, mediante as determinações descritas a seguir:

a) Massa de 100 sementes

Determinado empregando-se duas amostras de 100 sementes para cada parcela experimental, totalizando 10 repetições por tratamento.

b) Teor de água das sementes

Determinado em estufa regulada a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

c) Teste de germinação

Conduzido com cinco repetições de 50 sementes em papel toalha umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa (g) do substrato. Os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em germinador tipo câmara à 25°C . As contagens foram realizadas aos cinco e nove dias após a instalação do teste, seguindo critérios estabelecidos em Brasil (1992), com os resultados expressos em porcentagem.

d) Primeira contagem de germinação

Consistiu no cálculo, em porcentagem, das plântulas normais aos cinco dias após a instalação do teste de germinação.

e) Teste de envelhecimento acelerado

Foram utilizadas cinco repetições de 65 sementes distribuídas, em camada única, sobre bandejas de tela metálica fixadas no interior de caixas plásticas contendo 40ml de água. As caixas foram tampadas, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas a

42°C por 72 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após este período, 15 sementes por amostra foram submetidas a determinação do teor de água (BRASIL, 1992) e cinco repetições de 50 sementes submetidas ao teste de germinação com avaliação aos cinco dias após a instalação do teste, computando-se a porcentagem de plântulas normais.

f) Teste de condutividade elétrica

Cinco repetições de 50 sementes com massa conhecida foram colocadas para embeber em copos plásticos de 200ml, contendo 75 ml de água destilada, por um período de 24 horas a 25°C. Em seguida, as amostras foram agitadas para homogeneização dos exsudados liberados na água, efetuando-se a leitura da condutividade elétrica da solução de embebição em condutivímetro modelo Digimed D31, com eletrodo de constante 1,0, previamente calibrado, expressando os resultados em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

g) Teste de emergência de plântulas em campo

Realizado com cinco repetições de 50 sementes distribuídas em sulco com 2,5m de comprimento e aproximadamente 2cm de profundidade simulando a semeadura no campo, sendo irrigadas sempre que necessário. A contagem das plântulas normais emergidas foi efetuada aos 14 dias após a semeadura com expressão dos resultados em porcentagem (NAKAGAWA, 1994).

h) Massa de matéria seca das plântulas

Obtida pela determinação da massa das plântulas provenientes do teste de emergência de plântulas no campo, obtidas aos 14 dias após a semeadura e secas em estufa com circulação de ar a 65°C até massa constante, com os resultados expressos em g plântula^{-1} .

5.6. Parâmetros determinados na avaliação do desempenho das sementes

Na segunda etapa foi realizada análise de crescimento das plantas e analisados os componentes de produção da cultura e a produtividade de sementes.

5.6.1. Análise de crescimento

As plantas foram coletadas a cada sete dias, a partir do décimo dia após a emergência até o final do ciclo da cultura, nas duas linhas externas da área útil da parcela. Em função da massa de matéria seca acumulada pelas plantas, na primeira coleta foram tomadas 10 plantas por parcela, na segunda 6 plantas, na terceira quatro plantas e nas demais, 2 plantas por parcela. Em todas as coletas foram determinados os índices biométricos e partir destes foram calculados os parâmetros fisiológicos, como seguem:

5.6.1.1. Índices Biométricos

a) Índice de área foliar

Os trifólios foram separados do pecíolo e a área do limbo foliar foi obtida com o auxílio de um medidor de área foliar, Li-Cor, modelo LI-3100. Os resultados foram expressos em cm^2 .

b) Massa de matéria seca

Após coletadas, as plantas foram divididas em partes (folha, caule, vagens e sementes) e submetidas à secagem em estufa de circulação à 65°C até atingirem massa constante. Após, as partes foram avaliadas individualmente em balança com precisão de

0,001g e a massa de matéria seca total obtida pela somatória da massa seca das partes, com os resultados expressos em g plântula⁻¹.

5.6.1.2. Índices Fisiológicos

a) Taxa de Crescimento da Cultura (TCC)

Expressa em g m⁻² dia⁻¹, equivale ao incremento de massa de matéria seca da planta entre duas amostragens por unidade de tempo. Indica a velocidade média de crescimento ao longo do período, sendo definida pela expressão:

$$TCC = \frac{MST_2 - MST_1}{t_2 - t_1}, \text{ onde:}$$

MST=Massa de matéria seca total, em g

t= Período entre coletas, em dias ou semanas;

b) Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Expressa em g g⁻¹dia⁻¹, é função da massa de matéria seca inicial, ou seja, do material preexistente, corresponde ao incremento de masa de matéria seca total por unidade de massa de matéria seca existente no período, sendo definida pela expressão:

$$TCR = \frac{\ln MST_2 - \ln MST_1}{t_2 - t_1}, \text{ onde:}$$

MST=Massa de matéria seca total, em g

t=Período entre coletas, em dias ou semanas;

c) Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

Expressa em g cm⁻² dia⁻¹, reflete a eficiência do aparelho fotossintético, em termos de matéria seca produzida em gramas por centímetro quadrado de área foliar, na unidade de tempo, sendo definida por:

$$TAL = \frac{MST_2 - MST_1}{AF_2 - AF_1} \cdot \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{t_2 - t_1}, \text{ onde:}$$

MST = Massa de matéria seca total, em g

AF = Área foliar em cm^2

t = Período entre coletas, em dias ou semanas

d) Razão de Área Foliar (RAF)

Expressa em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, fornece uma estimativa do aparelho assimilador, e é definida como o quociente entre a superfície foliar (AF) e a massa de matéria seca total da planta.

$$\text{RAF} = \text{AF} / \text{MST}$$

e) Área Foliar Específica (AFE)

Expressa em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, é definida como a razão entre a área foliar (AF) e a massa de matéria seca das mesmas (MSF).

$$\text{AFE} = \text{AF} / \text{MSF}$$

f) Razão de Massa de Folha (RMF)

Expressa em g g^{-1} , é a razão entre a massa de matéria seca da folha (MSF) e a massa de matéria seca total das plantas (MST).

$$\text{RMF} = \text{MSF} / \text{MST}$$

g) Razão de Massa de Sementes (RMS)

Expressa em g g^{-1} , é a razão entre a massa de matéria seca da semente (MSS) e a massa de matéria seca total das plantas (MST).

$$\text{RMS} = \text{MSS} / \text{MST}$$

5.6.2. Características fitométricas e componentes de produção

Analisadas em campo e em laboratório mediante as determinações descritas a seguir:

a) Altura da inserção da primeira vagem

Determinada no final do ciclo da cultura, avaliando-se dez plantas coletadas ao acaso das duas linhas centrais da área útil de cada parcela experimental, medindo-se o comprimento (cm) da base da planta até a inserção da primeira vagem;

b) Comprimento das vagens

Foram medidos os comprimentos (cm) de duas vagens de cada uma das dez plantas coletadas ao acaso nas duas linhas centrais da área útil de cada parcela.

c) Número de vagens por planta

Determinado pela relação entre o número total de vagens e o número total de plantas coletadas;

d) Número de sementes por vagem

Obtido pela relação entre número total de sementes e o número total de vagens das dez plantas coletadas;

e) Massa de 100 sementes

Determinada com 10 repetições de 100 sementes, correspondentes a duas amostras por parcela experimental, e posterior avaliação em balança com precisão de 0.001g com resultados expressos em gramas;

f) População de plantas

Determinada por meio do número de plantas das duas linhas centrais da área útil da parcela no momento da colheita. Os dados obtidos foram transformados em plantas ha⁻¹.

5.6.3. Produtividade de sementes

Determinada com base na produção de sementes das duas linhas centrais da área útil de cada parcela experimental, sendo os dados obtidos transformados em kg ha⁻¹, corrigidos para 13% de umidade.

5.7. Análise estatística

A análise estatística foi realizada para cada experimento individualmente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F. Para os parâmetros avaliados na produção de sementes sob diferentes níveis de P no solo, as médias dos tratamentos (doses de P aplicadas no solo) foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% e submetidas a estudo de regressão até 3º grau, seguindo o delineamento em blocos casualizados. Na avaliação do desempenho das sementes produzidas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade sob o delineamento em blocos

casualizados em esquema fatorial 3x3 (teores de P na semente e doses de P aplicadas no solo), com desdobramento das interações nos casos em que as mesmas foram significativas. A análise de crescimento funcional foi realizada segundo as recomendações de Portes & Castro Júnior (1991).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Produção de sementes

6.1.1. Carioca Precoce cultivado no período das águas

a) Produtividade de sementes

A produtividade de sementes aumentou linearmente em função de doses de fósforo aplicadas no solo como pode ser observado na Figura 5. A resposta da cultura do feijoeiro cultivado no período das águas à aplicação de P é também relatada por outros autores (VIDAL & JUNQUEIRA NETO, 1982, BERGER et al., 1983, OLIVEIRA et al., 1987, SILVA et al., 2003b). Silva e Vahl (2002), entretanto, observaram resposta quadrática do rendimento do feijoeiro a níveis de adubação fosfatada, porém, avaliaram doses maiores de P e utilizaram outra cultivar (BR Fepagro 44 Guapo Brilhante) em solo com teor inicial de P inferior ao desse trabalho. Essa divergência de resultados, em relação ao comportamento da curva de produtividade, confirma os relatos de Souza & Lobato (2003), de que a resposta à adubação fosfatada depende de vários fatores, destacando-se a disponibilidade de P no solo, a disponibilidade de outros nutrientes, a variedade cultivada e as condições climáticas. A cultivar Carioca Precoce é uma variedade relativamente recente no mercado, necessitando, ainda, de outros estudos com aplicação de doses maiores de P para determinar o potencial de rendimento da cultivar em relação à adubação fosfatada. Verifica-se, entretanto, que mesmo na ausência de adubação fosfatada em solo com baixo teor de P, a cultivar apresentou alto potencial de rendimento, com produtividade de aproximadamente 2 t ha⁻¹ de sementes. Essa produtividade representou o máximo rendimento possível com o P disponível

no solo, contudo, em virtude de não se ter obtido a máxima produtividade com a maior dose de P aplicado (Fig.5), não se pode determinar o intervalo entre a produção máxima e mínima e assim estimar grau de limitação do P no solo.

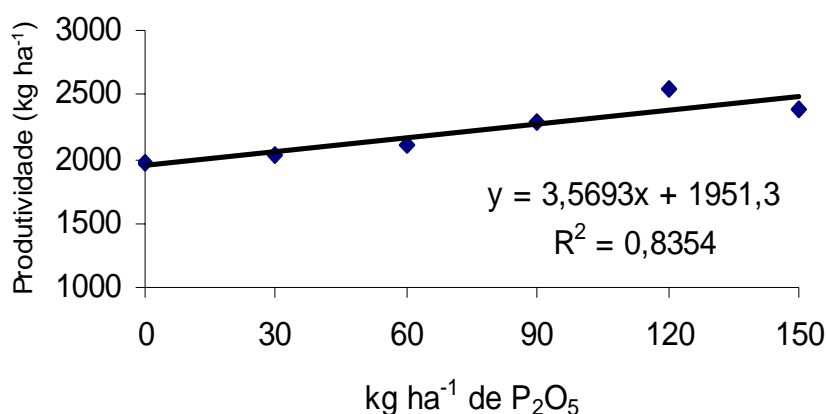


Fig. 5: Produtividade de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas, em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

b) Composição química das sementes

Os teores de N, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn não foram significativamente afetados pela adubação fosfatada (Quadro 4) porém os valores obtidos foram semelhantes aos relatados em sementes de feijão por Fageria et. al. (2003), com exceção ao Ca e Fe que mostraram teores acima dos descritos, embora o mesmo não tenha mencionado a cultivar avaliada. Os teores obtidos de N, Ca, Mn, Fe e Zn são muito superiores aos valores médios observados por Silva & Vahl (2002) em sementes de feijão BR Fepagro 44 Guapo Brillhante, contudo, esses autores classificaram as sementes pelo tamanho, previamente a determinação do teor de nutrientes. Embora trabalhando com outras cultivares, Vieira (1986a) observou redução no teor de N da sementes com aplicação de doses crescentes de P no solo.

QUADRO 4: Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Fe	Zn
0	37,80	3,11 c	13,14	15,48	2,80	1,14	19,60 ab	29,20	151,20	55,60
30	37,00	3,29 bc	12,62	15,90	2,92	1,13	24,40 ab	29,20	249,20	57,60
60	34,40	3,46 abc	12,82	14,96	2,82	1,11	27,60 a	28,00	95,20	56,00
90	35,80	3,59 ab	13,66	14,82	2,86	1,10	11,20 b	24,40	100,00	58,00
120	34,40	3,63 ab	13,64	15,44	2,92	2,12	13,20 b	26,40	183,60	56,00
150	35,80	3,80 a	13,92	14,54	2,78	2,57	12,00 b	24,80	112,80	57,20
CV (%)	11,38	5,67	5,52	7,85	5,46	98,40	39,84	32,89	95,29	4,39
F	0,56 ^{ns}	7,86 ^{**}	2,50 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,93 ^{ns}	4,69 ^{**}	0,29 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,79 ^{ns}
F linear	1,15 ^{ns}	38,23 ^{**}	8,06 [*]	1,89 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,21 ^{ns}	10,75 ^{**}	1,04 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,31 ^{ns}
F quadrática	0,89 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,30 ^{ns}
F cúbica	0,01 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6,06 ^{**}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,56 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1% respectivamente.

Os teores de P e Cu das sementes foram significativamente alterados com a aplicação de P no solo. Nos teores de P observa-se aumento constante com a elevação das doses de P aplicadas. Para o Cu, os teores aumentaram até a dose de 60kg ha⁻¹ de P₂O₅, que diferiu significativamente das doses superiores.

Submetidos a análise de regressão, foram observadas alterações significativas apenas para os teores de P, K e Cu. O teor de P nas sementes ajustou-se a uma equação linear em função das doses de P aplicadas no solo (Figura 6), com variação de 18% entre os tratamentos extremos. O aumento no teor de P nas sementes em função da adubação fosfatada foi também obtida por Teixeira (1995) e Silva & Vahl (2002). Teixeira & Araújo (1999 e 2002) também obtiveram aumentos no teor de fósforo na semente, entretanto, com aplicação foliar do nutriente em complemento a adubação via solo.

Embora não tenha apresentado diferenças significativas pela comparação de médias, o teor de K aumentou linearmente com a aplicação de P no solo (Figura 7), divergindo dos resultados obtidos por Vieira (1986a) e Silva & Vahl (2002) que não constataram diferenças no teor de K das sementes com a adubação fosfatada. A aplicação de P no solo alterou o teor de Cu na semente, que ajustou-se a uma equação cúbica (Figura 8).

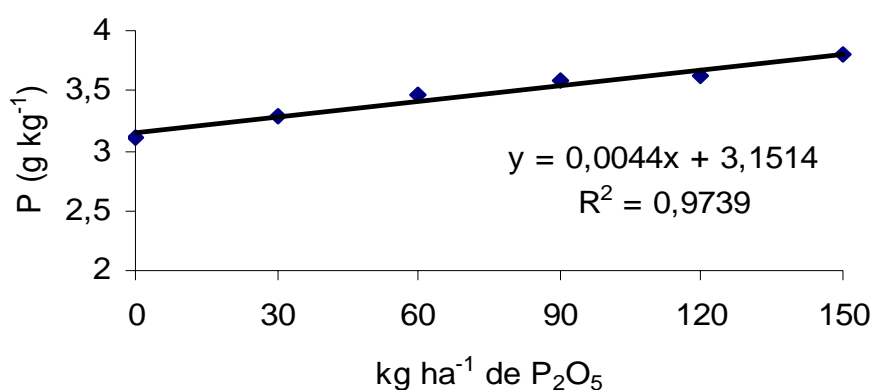


Fig. 6: Teor de P em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

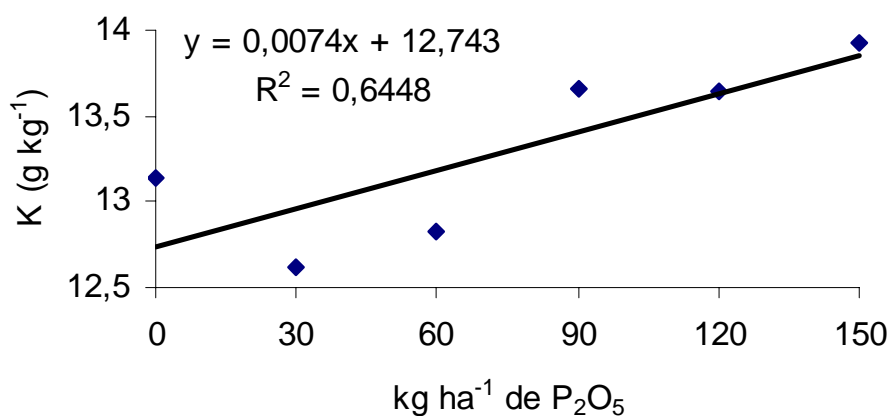


Fig. 7: Teor de K em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

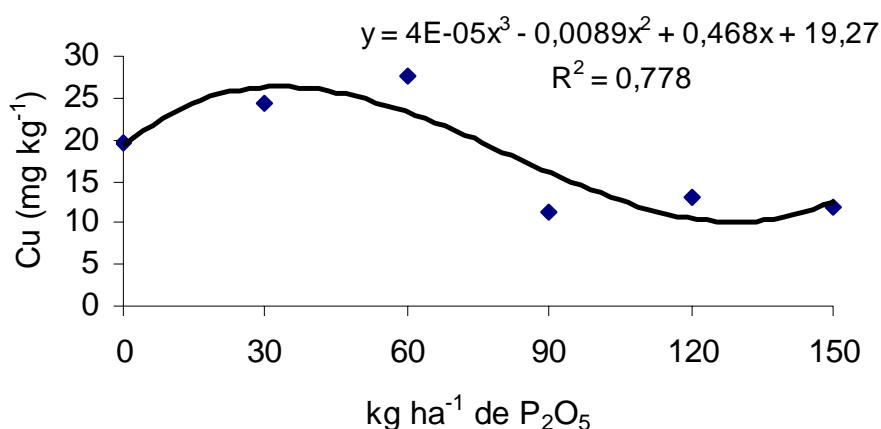


Fig. 8: Teor de Cu em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

A disponibilidade de P interfere diretamente na produção de massa de matéria seca do feijoeiro que, está associada a produtividade (FAGERIA et al. 2003). Pode se inferir, portanto, que o aumento da produtividade observada (Figura 5) seja decorrência do aumento da massa de matéria seca total da planta e, conseqüentemente, da produtividade, com o acréscimo nas doses de P. Dessa forma, com o aumento da produtividade, a maior absorção de um determinado nutriente pode não ser notada em termos de teores, como observado para a maioria dos elementos determinados nas sementes. Contudo, observa-se que para o P e o K a absorção aumentou de tal forma que mesmo com o aumento da produtividade, ainda foi possível detectar maiores teores destes elementos nas sementes, levando a um maior acúmulo e, conseqüentemente maior exportação desses elementos em relação aos demais. A aplicação de doses maiores que 60kg ha⁻¹ de P₂O₅ reduziu o teor de Cu das sementes possivelmente em função de alguma relação entre a adubação fosfatada e a absorção deste elemento ou então devido ao efeito de diluição causado pelo aumento da massa de matéria seca de sementes com o aumento da produtividade.

As porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em função da adubação fosfatada são apresentados no Quadro 5. A aplicação de fósforo no solo não afetou significativamente a porcentagem de proteína das sementes, contudo, os maiores valores foram verificados na ausência e na menor dose de adubação fosfatada. As porcentagens de proteína obtidas estão acima de 19,7%, valor este relatado por Ramos Júnior (2002) para essa

cultivar. As porcentagens de açúcares, total e redutor, diferiram significativamente entre as doses de P avaliadas. A aplicação de 120kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em porcentagem de açúcar total significativamente superior em relação a dose de 60kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em relação ao açúcar redutor diferença significativa foi observada apenas entre as doses de 120 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅, com maior porcentagem para a primeira. Contudo, observa-se aumento crescente da porcentagem de açúcar redutor com a elevação das doses de P aplicadas no solo, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Quando submetidos à análise de regressão as porcentagens de açúcar total e redutor ajustaram-se a uma equação polinomial cúbica e quadrática, respectivamente. Apesar de ter trabalhado com a cultivar IAC Carioca, Barreiro et al. (2003) não constataram alterações nas porcentagens de açúcares total e redutor em sementes de feijão em função da adubação fosfatada, em doses e condições de cultivo semelhantes às avaliadas neste estudo.

QUADRO 5: Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Proteína (%)	Açúcar total (%)	Açúcar redutor (%)
0	23,43	3,08 ab	0,292 ab
30	23,07	3,16 ab	0,326 ab
60	21,45	2,90 b	0,336 ab
90	22,49	3,26 ab	0,322 ab
120	21,65	3,51 a	0,410 a
150	22,44	3,09 ab	0,230 b
CV (%)	11,36	7,94	25,09
F	0,46 ^{ns}	3,30*	2,69*
F linear	0,74 ^{ns}	2,34 ^{ns}	0,05 ^{ns}
F quadrática	0,72 ^{ns}	0,22 ^{ns}	5,32*
F cúbica	0,03 ^{ns}	5,55*	3,06 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1% respectivamente.

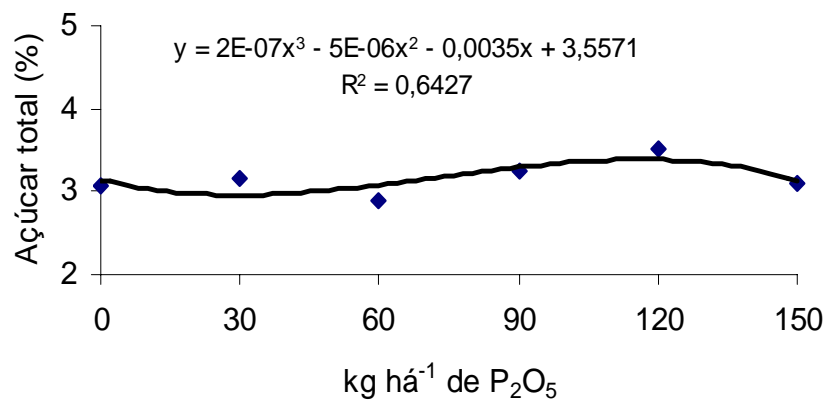


Fig. 9: Porcentagem de açúcar total em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

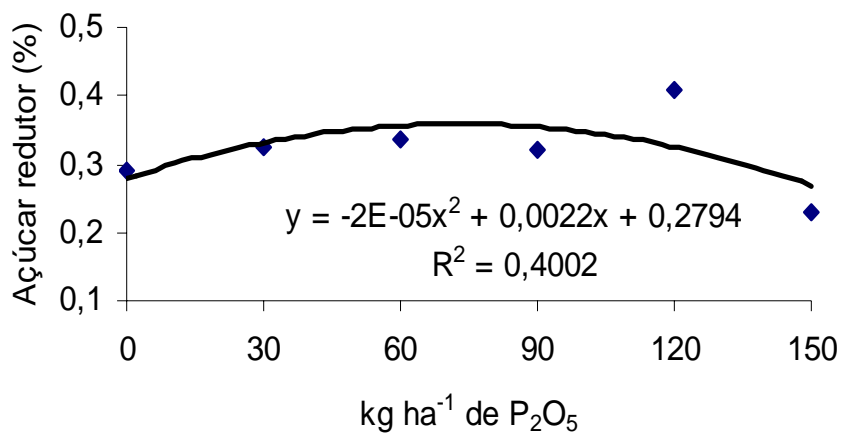


Fig. 10: Porcentagem de açúcar redutor em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

c) Qualidade das sementes

A massa de 100 sementes e os parâmetros avaliados para determinação da qualidade fisiológica de sementes não foram significativamente alteradas pelas doses de P aplicadas no solo (Quadro 6). Salum et al. (2004) também não constataram efeitos do P na qualidade fisiológica e na massa de 100 sementes, entretanto avaliaram outra cultivar, em cultivo no período da seca sob adubação residual de P, aplicado no período das águas. O incremento observado na produtividade de sementes (Figura 5) pode estar associado, portanto, a outros componentes de produção que aumentaram o número de sementes produzidas sem alterar significativamente a massa das mesmas.

QUADRO 6: Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	M100 (g)	TA (%)	G (%)	PC (%)	TAEA (%)	EA (%)	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	EC (%)	MP (g)
0	29,96	12,5	88	84	31,8	85	73,70	86	0,253
30	30,86	12,6	92	91	32,0	90	77,12	88	0,267
60	29,69	12,6	91	88	31,9	86	82,49	86	0,251
90	29,65	13,3	91	85	32,3	84	84,07	84	0,236
120	29,25	12,7	90	87	31,6	86	87,97	86	0,231
150	30,07	13,5	93	91	31,9	87	84,15	86	0,235
CV (%)	4,91	7,46	5,00	5,71	2,60	6,75	11,8	8,62	16,57
F	0,69 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,58 ^{ns}
F linear	0,62 ^{ns}	2,89 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,72*	0,04 ^{ns}	1,97 ^{ns}
F quadrática	0,19 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}
F cúbica	1,84 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,00 ^{ns}	5,37*	0,12 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,83 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

Zucareli et al. (2003a) observaram melhor qualidade fisiológica em sementes de feijão Carioca Precoce provenientes de solo onde foram aplicados 0, 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅, porém esses resultados foram obtidos com a classificação das sementes por tamanho, com melhor qualidade fisiológica somente para as sementes maiores, possivelmente, com maior massa de matéria seca. Todavia, no presente estudo as sementes não foram previamente classificadas para avaliação da qualidade, assim os efeitos da adubação possivelmente foram diluídos impossibilitando a sua detecção.

Na análise de regressão, a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação e a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes mostraram alterações significativas com a aplicação de doses crescentes de P no solo, embora esses efeitos não tenham sido detectados na comparação de médias (Quadro 6). A primeira contagem do teste de germinação ajustou-se a uma equação cúbica (Figura 11) com maiores valores nas doses de 30 e 150kg ha⁻¹ de P₂O e menores nas doses de 0 e 90kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os valores de condutividade elétrica aumentaram linearmente com o aumento das doses de P aplicadas no solo (Figura 12). Considerando o acréscimo, também linear, dos teores de P e K nas sementes com a adubação fosfatada (Figura 6 e 7), o aumento nos valores de condutividade pode estar relacionado ao aumento da lixiviação de P e íons K durante a embebição das sementes. Contudo, Zucareli et al. (2003a) não constataram alterações na condutividade elétrica e nos teores de P lixiviados durante a embebição de sementes de feijão, cv. Carioca Precoce, com a aplicação de 0, 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ no solo, porém observaram menores teores de K em sementes provenientes do solo onde não foi aplicado P. Assim, as alterações nos valores de condutividade provavelmente estejam relacionadas à lixiviação de íons K, ocasionada pelo incremento deste nas sementes e não relacionado à qualidade fisiológica das sementes, como observado por Nakagawa et al. (2001) em aveia-preta.

Segundo Sá (1994), plantas adubadas adequada e equilibradamente apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes, aliada a melhor qualidade. Verifica-se, contudo, que o aumento na disponibilidade P no solo, apesar de incrementar a quantidade de sementes produzidas e alterar a composição química, principalmente os teores de P e K e a porcentagem de açúcares, não resultou em melhorias na qualidade fisiológica das sementes recém colhidas.

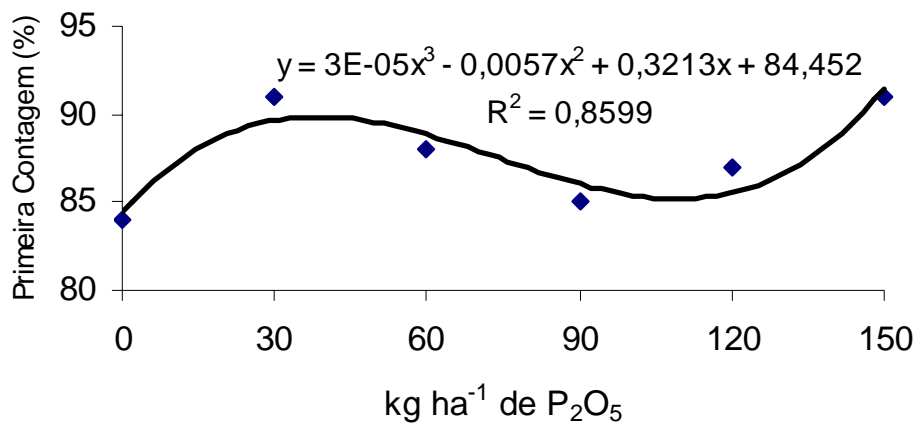


Fig. 11: Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

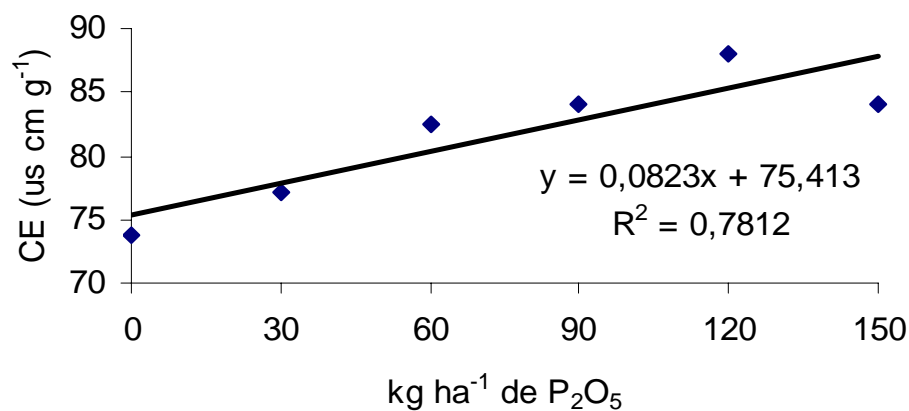


Fig. 12: Condutividade elétrica (CE) em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

6.1.2. Carioca Precoce cultivado no período da seca

a) Produtividade de sementes

A produtividade de sementes ajustou-se a uma equação cúbica em função de doses de P aplicadas no solo (Figura 13). O P é o nutriente mais limitante ao rendimento do feijoeiro em solos brasileiros (ARF, 1994). Assim, o aumento da produtividade com a aplicação de fósforo já foi verificado também em outros estudos realizados no período da seca (BERGER et al., 1983, OLIVEIRA et al., 1987, ARAÚJO et al., 2000, SILVA et al., 2001). Entretanto, contrariando os resultados obtidos, Parra & Miranda (1980) e Silveira & Moreira (1990) relatam resposta significativa, porém quadrática da produtividade do feijoeiro com a aplicação de fósforo. Segundo Oliveira et al., (1987) os cultivares diferem quanto a resposta a adição de P no solo, assim, para se obter o máximo do potencial da cultivar deve-se considerar, além da quantidade de fertilizante recomendado, o nível tecnológico empregado no cultivo. A produtividade de sementes ficou abaixo do potencial de 3000kg ha⁻¹ para o cultivo da seca (VASCONCELLOS & VECHI, 2005). Entretanto, a produtividade depende das características genéticas e, também, das condições ambientais e das técnicas empregadas no cultivo, incluindo a adubação fosfatada.

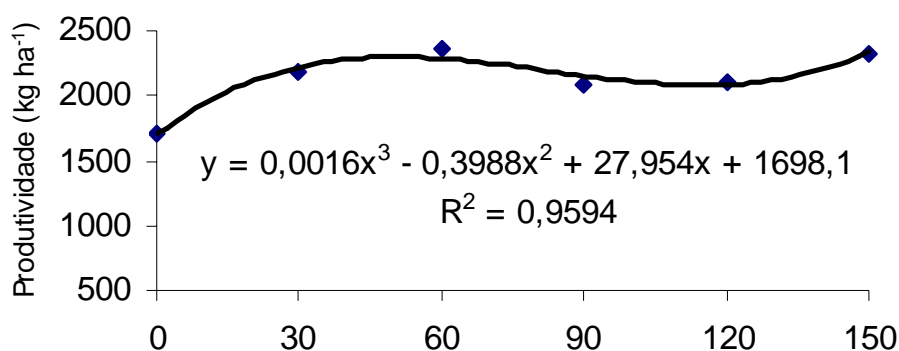


Fig. 13: Produtividade de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca, em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

b) Composição química das sementes

Os teores de N, K, Ca e Cu não foram significativamente alterados pela aplicação de P (Quadro 7). Os valores de N e K encontram-se acima e abaixo respectivamente, dos teores médios de sementes de feijão relatados por Fageria et al. (2003). Contudo, Feitosa et al. (1980) observaram decréscimo no teor de N de sementes de feijão Carioca, também cultivada no período da seca, com aumento das doses de P no solo, porém utilizaram como fonte de P o superfosfato simples. A disponibilidade de nutrientes no solo pode afetar a composição química das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), no entanto, Silva & Vahl (2002) não verificaram alterações nos teores de Ca, Mg, Fe, Mg e Zn com a adubação fosfatada.

As doses de 30, 90 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultaram em maiores teores de P nas sementes, diferindo significativamente do teor observado em sementes obtidas na ausência de adubação fosfatada. Ramos Júnior et al. (2003a), trabalhando em condições semelhantes, com a cultivar IAC Carioca, não constataram efeito da adubação fosfatada sobre o teor de P na semente, mas obtiveram valores médios próximos aos aqui obtidos.

Os teores de Mg foram maiores nas menores doses de P aplicadas no solo, com diferença significativa entre a ausência de adubação e as três maiores doses. Vieira (1986a) encontrou resultados divergentes destes, com aumento do teor de Mg na semente em função da adubação fosfatada, embora tenha utilizado cultivares diferentes e doses de P superiores às aqui avaliadas.

A aplicação de 60kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em teor de S significativamente superior em relação a testemunha. Os teores de S obtidos estão acima dos descritos por Ramos Júnior et al. (2003a) em sementes de feijão cv. IAC Carioca. As doses de 60 e 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram menores teores de Mn nas sementes, diferindo-se apenas da maior dose aplicada. Os maiores teores de Fe e Zn foram obtidos na ausência da adubação fosfatada. Os teores de Mn, Fe e Zn são superiores aos valores médios de 12,6, 71,1 e 32,0, respectivamente, relatados por Fageria et al. (2003) para sementes de feijão no momento da colheita.

QUADRO 7: Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Fe	Zn
(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
0	38,35	2,55 b	9,62	13,94	2,32 a	1,65 b	12,00	12,80 ab	114,00 a	32,40 a
30	37,08	3,81 a	9,66	13,74	1,96 ab	1,79 ab	3,60	11,20 ab	69,20 b	30,80 a
60	41,60	3,61 ab	7,62	13,82	2,12 ab	2,32 a	8,80	8,80 b	95,60 ab	28,80 ab
90	41,32	3,91 a	9,40	9,05	1,72 b	2,09 ab	4,80	8,80 b	64,00 b	28,00 ab
120	42,40	3,32 ab	9,98	10,66	1,78 b	2,18 ab	6,80	14,00 ab	76,00 ab	25,20 b
150	42,46	4,10 a	12,10	9,44	1,74 b	1,91 ab	8,00	17,60 a	94,40 ab	28,80 ab
CV (%)	16,47	13,65	30,31	21,14	11,81	15,67	67,56	27,45	25,40	8,34
F	0,82 ^{ns}	5,71 ^{**}	1,17 ^{ns}	4,32 ^{ns}	5,54 ^{**}	3,26 [*]	1,83 ^{ns}	5,07 ^{**}	3,83 [*]	5,18 ^{**}
F linear	0,05 ^{ns}	11,08 ^{**}	1,88 ^{ns}	15,35 ^{**}	20,04 ^{**}	3,55 ^{ns}	0,50 ^{ns}	5,58 [*]	1,80 ^{ns}	15,46 ^{**}
F quadrática	0,36 ^{ns}	2,89 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,53 ^{ns}	8,89 ^{**}	3,00 ^{ns}	16,88 ^{**}	8,42 ^{**}	5,28 [*]
F cúbica	1,70 ^{ns}	10,35 ^{**}	0,03 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,82 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

Submetidos a análise de regressão foram constatadas alterações significativas nos teores de P, Ca, Mg, S, Mn, Fe e Zn. O teor de P nas sementes em função das doses de P aplicadas no solo ajustou-se a uma equação cúbica (Figura 14), seguindo comportamento semelhante ao obtido para a produtividade de sementes. A correlação significativa entre a produção de sementes e o teor de P nas mesmas é relatada por Fageria et al. (2003). Desse modo, segundo esses autores é possível aumentar a produtividade do feijoeiro com a adoção de práticas adequadas de manejo do P no solo e com uso de genótipos eficientes na absorção deste nutriente. Os teores de Ca e Mg reduziram linearmente com a adubação fosfatada (Figuras 15 e 16). Ramos Júnior, et al. (2003a) não obtiveram respostas a adubação fosfatada quanto ao teor de Ca nas sementes de feijão IAC Carioca. No entanto, diferindo dos resultados aqui obtidos, observaram acréscimos nos teores de Mg com aumento das doses de P até 90kg ha⁻¹ de P₂O₅, com ajuste quadrático para a equação de regressão. O P e o Mg apresentam uma relação sinérgica, pelo fato do Mg ser co-fator de enzimas ligadas ao

metabolismo de P nas plantas (MALAVOLTA et al., 1989). Assim, seria esperado que os teores de Mg nas sementes obtidas neste estudo seguissem comportamento semelhante ao observado para os teores de P. O aumento da absorção de Mg pela planta em função da adubação fosfatada pode ter ocorrido, no entanto, este pode não ter sido translocado para as sementes em proporções diferenciadas de acordo com as doses de P aplicadas no solo, como observado para o teor de P na semente ou ter sido diluído pelo aumento da produção.

A aplicação de P alterou o teor de S nas sementes que seguiu uma relação quadrática (Figura17), enquanto os teores de Mn, Fe e Zn também foram alterados, porém, ajustando-se a uma equação quadrática inversa (Figuras 18, 19 e 20). O P promove inibição não competitiva com o Zn (MALAVOLTA et al., 1989), dessa forma, o aumento da adubação fosfatada deveria promover reduções nos teores de Zn, fato observado com o acréscimo das doses de fósforo até 120kg ha⁻¹ de P₂O₅.

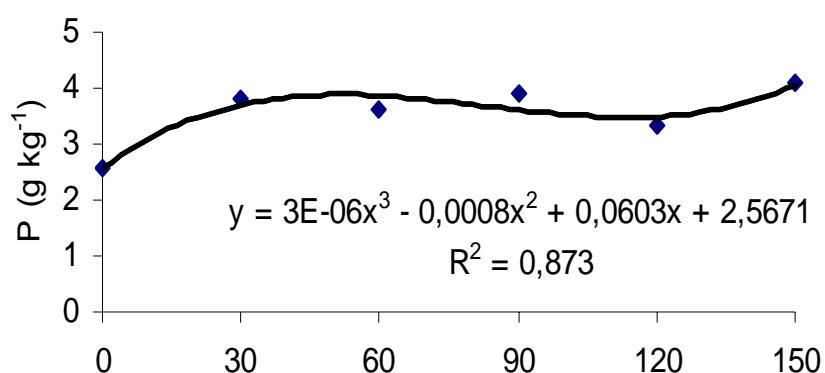


Fig. 14: Teor de P em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

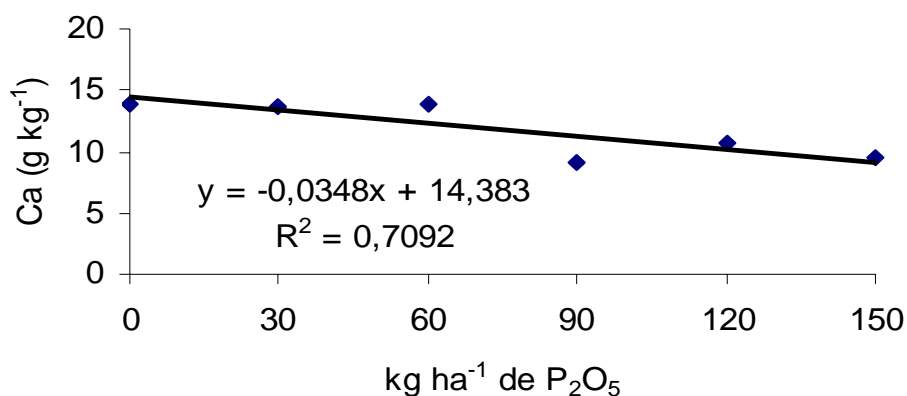


Fig.15: Teor de Ca em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

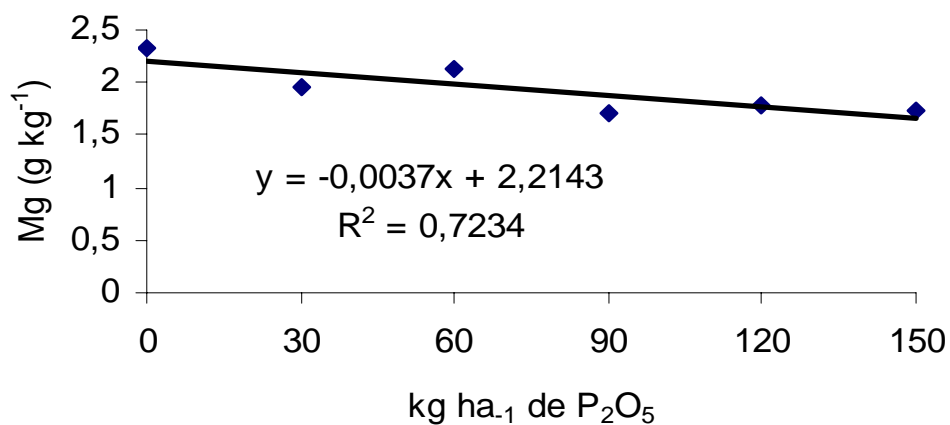


Fig. 16: Teor de Mg em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

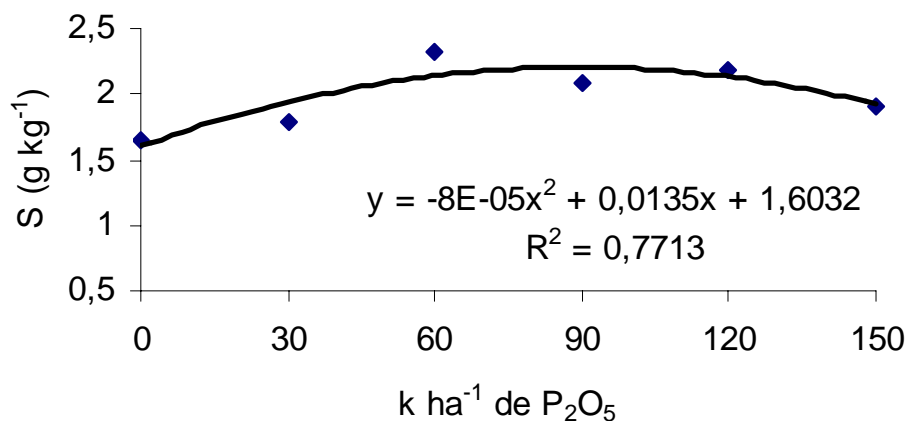


Fig. 17: Teor de S em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

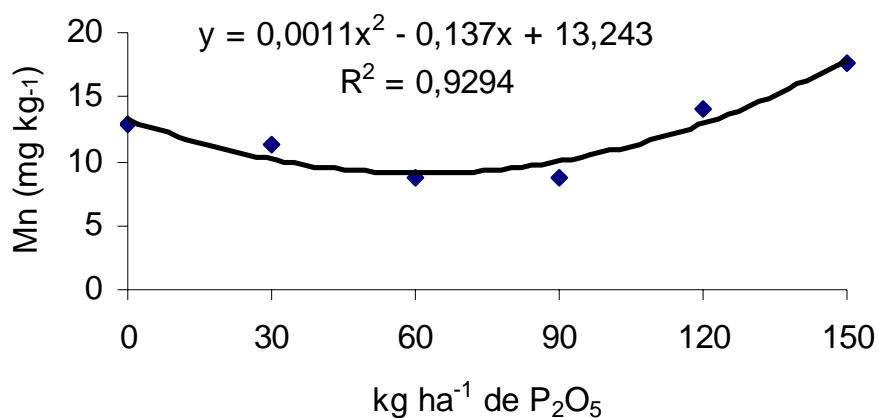


Fig. 18: Teor de Mn em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

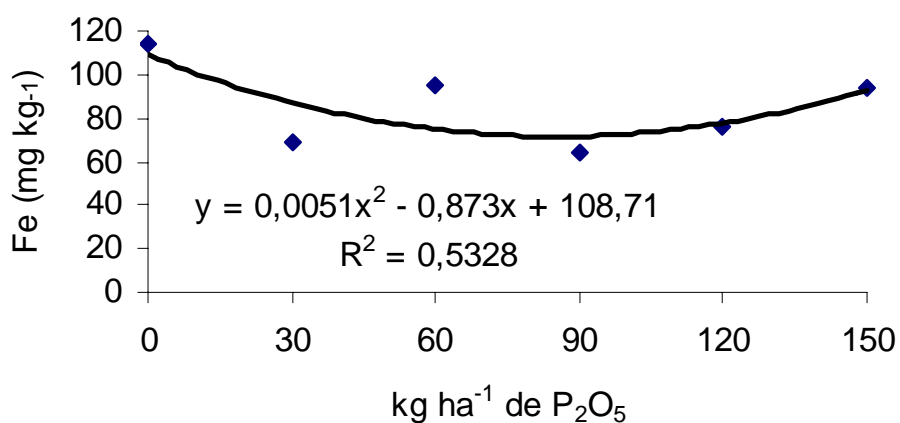


Fig. 19: Teor de Fe em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

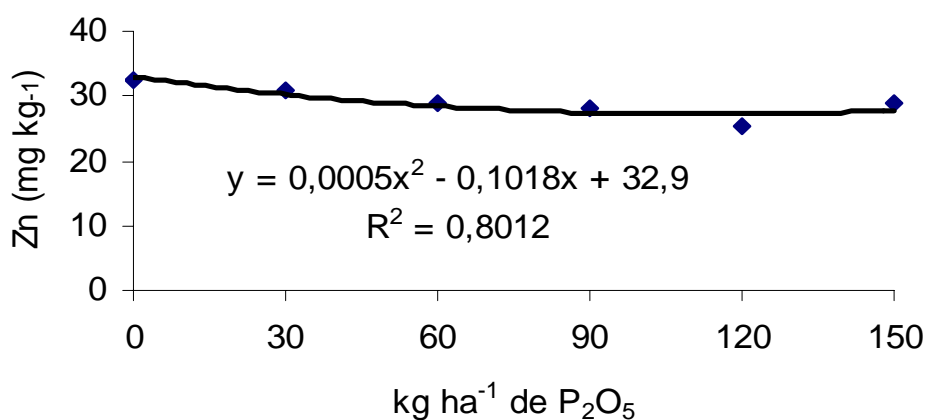


Fig. 20: Teor de Zn em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

No Quadro 8 são apresentadas as porcentagens de proteína e açúcares total e redutor em função da adubação fosfatada. As porcentagens de proteína e açúcar redutor não foram significativamente alteradas pela aplicação de P no solo. A adubação fosfatada, em solo com baixo teor de P inicial, também não alterou o teor de proteína em sementes de amendoim (KASAI et al., 1998). A porcentagem de proteína constatada encontra-se acima da média de 19,7% relatada por Ramos Júnior (2002) em sementes de feijão cv. Carioca Precoce, porém para o cultivo das águas. Embora com valores relativamente próximos, a porcentagem de açúcar total diferiu entre os tratamentos com maior porcentagem para a dose de 30kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação as doses de 0, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Pela análise de regressão, de forma semelhante ao ocorrido no período das águas, as porcentagens de açúcares total e redutor ajustaram-se a uma equação polinomial cúbica e quadrática, respectivamente (Figura 21 e 22). Diferindo do observado no período das águas, a curva da porcentagem de açúcar total seguiu comportamento semelhante ao observado para a produtividade (Figura 13) e para os teores de P nas sementes (Figura 14).

QUADRO 8: Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Proteína (%)	Açúcar total (%)	Açúcar redutor (%)
0	23,98	4,92 b	0,722
30	19,42	4,99 a	0,874
60	25,99	4,97 ab	0,954
90	25,83	4,96 ab	1,070
120	26,49	4,92 b	0,943
150	26,55	4,92 b	0,766
CV (%)	16,49	0,70	26,91
F	0,82 ^{ns}	4,11 ^{**}	1,45 ^{ns}
F linear	0,06 ^{ns}	3,59 ^{ns}	0,35 ^{ns}
F quadrática	1,35 ^{ns}	8,30 ^{**}	5,35 [*]
F cúbica	1,69 ^{ns}	7,41 [*]	0,25 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

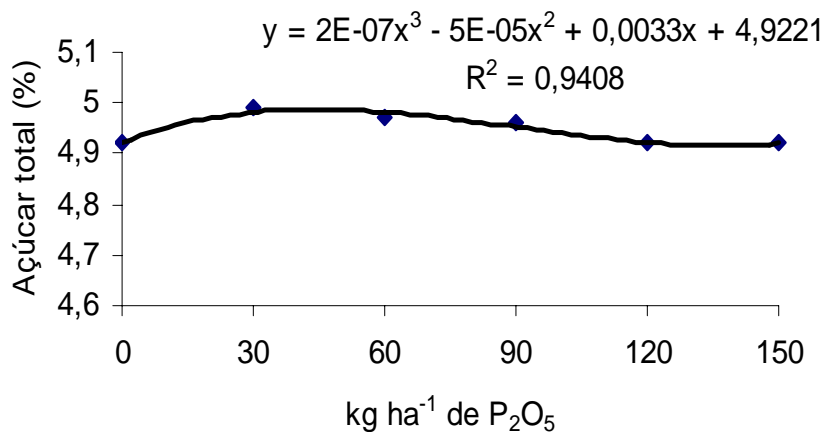


Fig. 21: Porcentagem de açúcar total em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

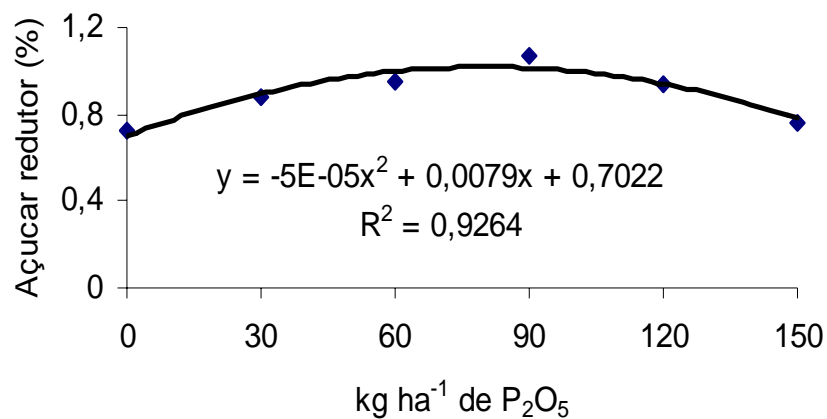


Fig. 22: Porcentagem de açúcar redutor em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

c) Qualidade das sementes

A massa de 100 sementes e os parâmetros avaliados para determinação da qualidade fisiológica, à exceção do teor de água e da germinação após o envelhecimento acelerado, não foram alterados com a adubação fosfatada (Quadro 9). Vieira (1986a) e Fageria et al. (2003) relatam aumento da massa de 100 sementes com a aplicação de P. Neste caso, embora não tenha diferido significativamente das demais, a massa de 100 sementes também apresentou menor valor na ausência de adubação. O teor de água e a germinação após o envelhecimento acelerado foram maiores em sementes provenientes de solo não adubado em relação as de solo onde foram aplicados 30kg ha^{-1} de P_2O_5 . As alterações no teor de água, apesar de significativas estatisticamente, do ponto de vista biológico não são suficientes para comprometer o desempenho das sementes no teste de envelhecimento, tanto que o tratamento que apresentou maior teor de água, e que com isso deveria sofrer mais intensamente o efeito da temperatura do envelhecimento, apresentou maior germinação. Na dose de 30kg ha^{-1} de P_2O_5 , as sementes demonstraram maior valor de condutividade elétrica e resultaram em plântulas com maiores valores de massa de matéria seca.

Pela análise de regressão apenas o teor de água após a envelhecimento acelerado e a emergência de plântulas no campo mostraram efeitos significativos das doses de P aplicadas no solo, ajustando-se a uma equação polinomial cúbica e linear, respectivamente (Figuras 23 e 24). A emergência de plântulas no campo foi reduzida com o aumento das doses de P aplicadas no solo.

QUADRO 9: Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P (Kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	M100 (g)	TA (%)	G (%)	PC (%)	TAEA (%)	EA (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)	EC (%)	MP (g)
0	23,60	10,7	95	94	33,5 a	95 a	64,16	97	0,120
30	24,44	11,7	93	92	30,9 b	85 b	67,62	92	0,132
60	24,35	12,9	92	92	33,2 a	90 ab	63,15	94	0,118
90	24,48	12,8	90	89	32,2 ab	91 ab	63,62	90	0,124
120	24,40	13,1	91	90	32,6 ab	91 ab	61,06	89	0,121
150	24,68	11,4	92	92	32,5 ab	93 ab	65,09	90	0,129
CV (%)	3,81	20,07	4,35	4,68	2,97	5,44	9,42	5,09	9,69
F	0,80 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,67 ^{ns}	4,26 ^{**}	2,37 [*]	0,65 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,95 ^{ns}
F linear	2,39 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,41 ^{ns}	7,73 [*]	0,14 ^{ns}
F quadrática	0,51 ^{ns}	2,96 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,54 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,30 ^{ns}
F cúbica	0,86 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,14 ^{ns}	4,57 [*]	3,84 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,68 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

Apesar das alterações constatadas em alguns parâmetros, seja pela comparação de médias ou pela regressão, a adubação fosfatada não alterou a qualidade das sementes. Em condições semelhantes a desse estudo, Ramos Júnior et al. (2003a) também não constataram melhorias na qualidade de sementes da cultivar IAC Carioca, com aplicação de P. Essa resposta pode estar relacionada as adaptações da planta em relação a disponibilidade de nutrientes no solo, pois segundo Grant et al. (2001) em caso de deficiência de P as plantas priorizam a produção de sementes de qualidade em detrimento do número de sementes produzidas. Apesar de ter apresentado menor produção na ausência de adubação fosfatada, a quantidade produzida foi relativamente alta, podendo-se inferir que o teor inicial de fósforo foi suficiente para manter a qualidade fisiológica das sementes sem reduções drásticas na produtividade de sementes. Vieira (1986a) obteve sementes de feijão mais vigorosas em solo com altos teores de P em relação a sementes provenientes de solo com baixa disponibilidade desse nutriente. Contudo, além de se tratar de outros cultivares, o mesmo avaliou doses muito superiores as aqui estudadas e com intervalos maiores entre as mesmas. Além de alterar a

produtividade, a adubação fosfatada modificou a composição química das sementes com alterações nos teores de P, Ca, Mg, S, Mn, Fe e Zn e nas porcentagens de açúcares total e redutor. Contudo, essas modificações não foram suficientes para alterar a qualidade das sementes produzidas.

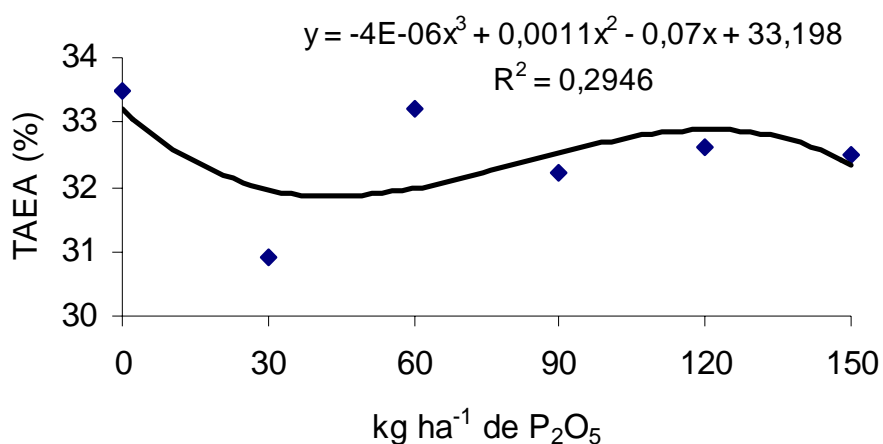


Fig. 23: Teor de água após envelhecimento acelerado em sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

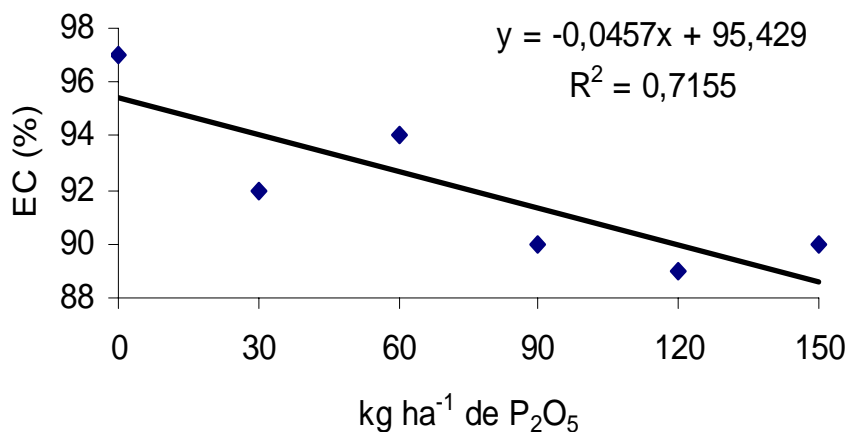


Fig. 24: Emergência de plântulas no campo de sementes de feijão, cultivar Carioca Precoce, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

6.1.3. IAC Carioca Tybatã cultivado no período das águas

a) Produtividade de sementes

A produtividade de sementes da cultivar IAC Carioca Tybatã cultivado no período das águas mostrou resposta linear crescente ao acréscimo de doses de P aplicadas no solo (Figura 25). Diversos trabalhos, com cultivares variadas, tem demonstrado efeitos positivos da adubação fosfatada no rendimento de sementes de feijão cultivado no período das águas (VIDAL & JUNQUEIRA NETO, 1982, BERGER et al., 1983, SILVA et al., 2003b). Machado et al. (1979) e Silva & Vahl (2002) também observaram respostas positivas do feijoeiro à adubação fosfatada quanto a produtividade de sementes, porém não relatam o período de cultivo. Esses estudos, aplicada análise de regressão, mostraram ajustes quadráticos do rendimento de sementes em relação a adubação fosfatada, diferindo dos resultados aqui obtidos. Contudo, os genótipos apresentam comportamento diferenciado com relação a eficiência de utilização de P (FAGERIA, 1998) e existe, também, variabilidade fenotípica nas respostas à adição de P na produção de sementes do feijoeiro (OLIVEIRA, et al., 1987, PEREIRA & BLISS, 1989, YOUNGDAHL, 1990). Assim, as doses estudadas foram insuficientes para a cultivar demonstrar seu potencial máximo de resposta a aplicação de P. Embora com cultivares diferentes, Oliveira et al. (1987) obtiveram máxima resposta a adubação fosfatada com aplicação de doses entre 500 e 600kg ha⁻¹ de P₂O₅, doses estas muito acima das avaliadas. Para a obtenção do máximo potencial deve-se considerar, além da adubação fosfatada, o nível de tecnologia adotado. Nas doses de P avaliadas e a tecnologia empregada, a produtividade de sementes ficou muito abaixo do potencial produtivo de 4000kg ha⁻¹ relatados por POMPEU (2001) para essa cultivar. Contudo, mesmo na ausência de adubação fosfatada a cultivar apresentou produtividade muito acima da média de 788kg ha⁻¹ para a região sudeste (YOKOYAMA et al., 2000), demonstrando que o teor inicial de P do solo, mesmo sendo considerado baixo, foi suficiente para o bom desenvolvimento do feijoeiro. Segundo Oliveira et al. (1987) devido a diferenças de respostas à adubação fosfatada alguns cultivares apresentam altas produtividades com baixos níveis do nutriente no solo, como observado para o cultivar IAC Carioca Tybatã.

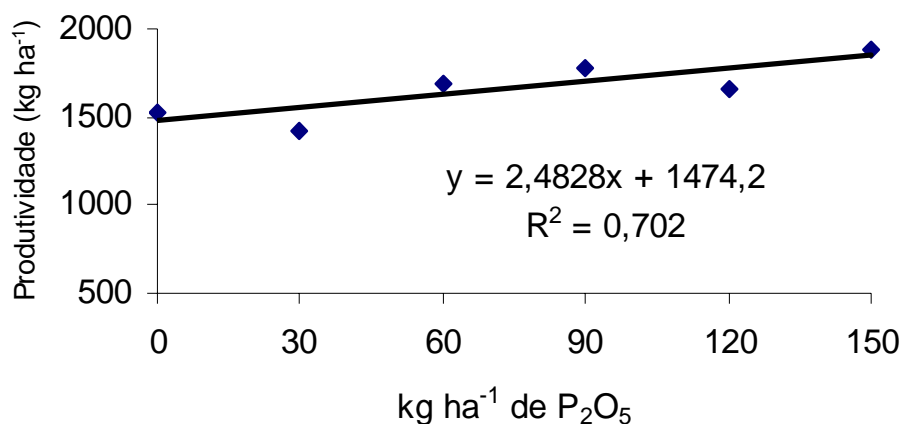


Fig. 25: Produtividade de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas, em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

b) Composição química das sementes

Os teores de N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn não foram afetados pela adubação fosfatada (Quadro 10). Ramos Júnior et al. (2003a) também não obtiveram respostas à adubação fosfatada quanto aos teores de N, Ca, Cu, Fe, Mg e Zn. Contudo, observaram resposta quadrática do teor de Mg com o aumento das doses de P para a cultivar IAC Carioca cultivada em solo com teor inicial de P semelhante aos deste estudo. Os teores de N, Ca e Zn estão acima da faixa de valores relatados por Feitosa et al. (1980) para a cultivar Carioca, porém compatíveis com os valores de N e Zn encontrados por Fageria (1989).

O teor de P na semente foi significativamente menor na ausência de adubação fosfatada em relação a dose de 120kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Quadro 10). O teor de K diferiu significativamente apenas entre as doses de 30 e 60kg ha⁻¹ de P₂O₅, com maior valor na menor dose. A dose máxima avaliada resultou em menor teor de S nas sementes em relação as doses de 0 e 90kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Embora não tenha diferido entre as doses de P na comparação de médias, na análise de regressão o teor de N das sementes mostrou ajuste significativo a uma equação polinomial cúbica (Figura 26). Feitosa et al. (1980) verificaram redução no teor de N

em sementes de feijão cv. Carioca com a adubação fosfatada. Contudo, com valores médios semelhantes aos obtidos. O teor de P aumentou linearmente com as doses de P (Figura 27), confirmando o efeito da adubação fosfatada no aumento do teor desse nutriente na semente (FEITOSA et al., 1980, VIEIRA, 1986a, TEIXEIRA & ARAÚJO, 1999, SILVA & VAHL, 2002). Pelá et al. (2003) também obtiveram aumentos lineares do teor de P das sementes com a adubação fosfatada, entretanto realizaram aplicações de P via foliar durante o desenvolvimento do feijoeiro. Apesar da variação nos teores de P das sementes entre os tratamentos, os mesmos encontram-se próximos aos valores obtidos nesses outros estudos.

QUADRO 10: Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

Doses de P	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Fe	Zn
(Kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	.....g kg ⁻¹.....						.....mg kg ⁻¹			
0	33,75	2,87 b	14,45 ab	14,10	2,82	1,31 a	8,00	26,00	376,00	60,00
30	31,00	3,45 ab	14,73 a	14,67	2,77	1,16 ab	6,00	21,00	117,00	59,00
60	32,50	3,35 ab	12,70 b	14,05	2,88	1,16 ab	8,00	24,00	338,50	60,00
90	32,25	3,55 ab	12,85 ab	13,45	2,80	1,23 a	7,50	21,50	191,00	59,50
120	33,50	3,93 a	13,85 ab	15,17	2,88	1,14 ab	8,50	23,00	336,00	99,50
150	29,25	3,57 ab	13,75 ab	12,77	2,80	0,96 b	5,50	22,50	439,50	62,00
CV (%)	7,46	10,65	6,29	8,07	6,52	7,61	37,10	20,88	59,18	47,46
F	1,98 ^{ns}	3,58*	3,60*	2,27 ^{ns}	0,21 ^{ns}	6,72**	0,81 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,86 ^{ns}	1,03 ^{ns}
F linear	2,32 ^{ns}	11,24**	2,73 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,01 ^{ns}	20,44**	0,24 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,98 ^{ns}
F quadrática	0,50 ^{ns}	2,55 ^{ns}	6,67*	1,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,56 ^{ns}	3,43 ^{ns}	0,03 ^{ns}
F cúbica	5,91*	0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	10,54**	2,40 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,54 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

O teor de K ajustou-se a uma equação polinomial quadrática (Figura 28). Embora com diferentes cultivares e condições de cultivo, outros estudos não demonstraram efeito da adubação fosfatada sobre o teor de K nas sementes (FEITOSA et al., 1980, VIEIRA, 1986a, SILVA & VAHL, 2002), contrariando os resultados observados. Os

teores de K observados estão dentro da faixa de valores relatados por Fageria (1989) e Fageria et al. 2003). O teor de S ajustou-se a uma equação polinomial cúbica (Figura 29), com valores compatíveis com os observados por Ramos Júnior et al. (2003a), embora esses autores não tenham observado alterações nos teores de enxofre com a aplicação de P no solo em feijoeiro cv. IAC Carioca.

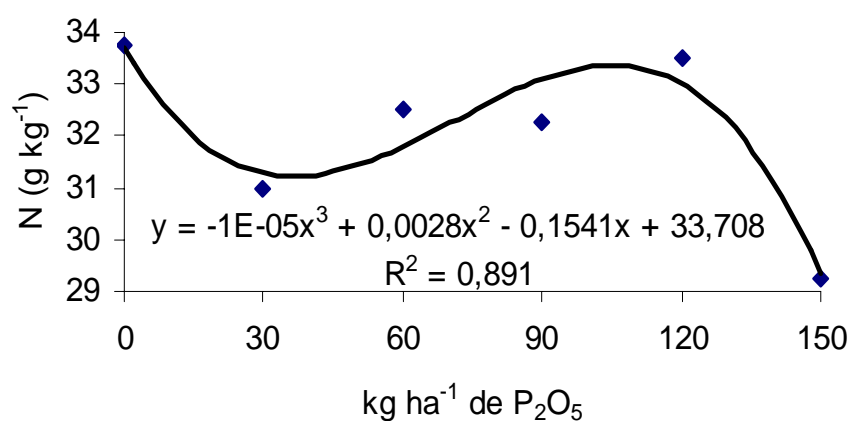


Fig. 26: Teor de N em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

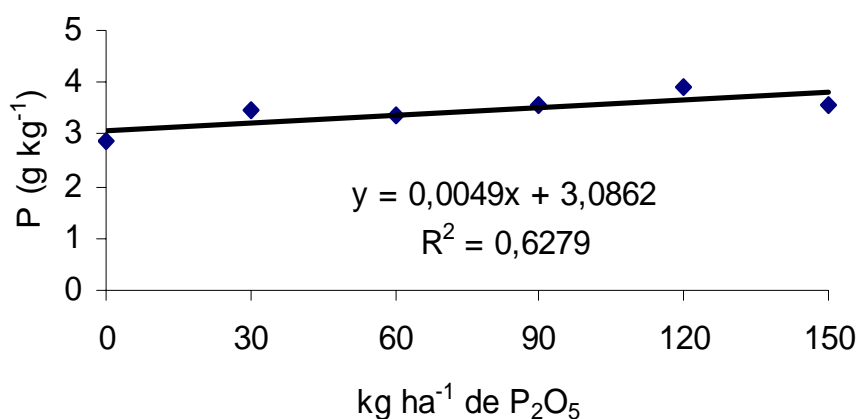


Fig. 27: Teor de P em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

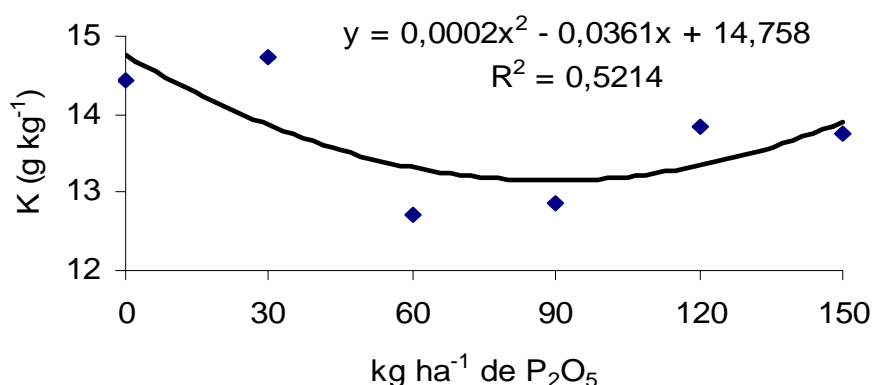


Fig. 28: Teor de K em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

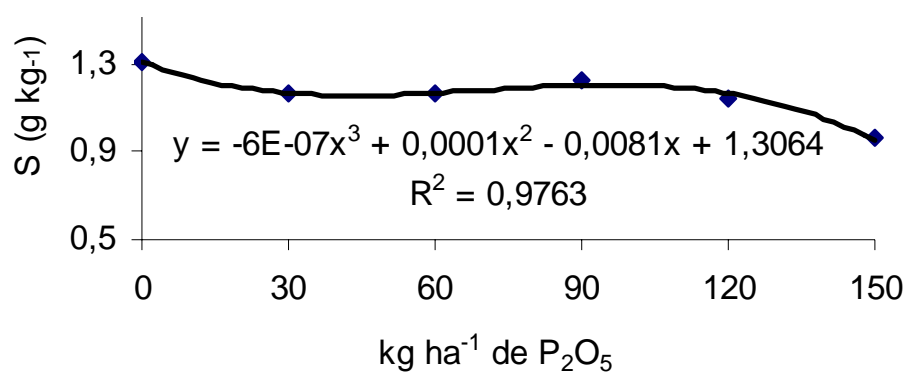


Fig. 29: Teor de S em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

As porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, não foram alteradas pela aplicação de P no solo (Quadro 11). Esses resultados são compatíveis com os observados por Barreiro et al. (2003) que não constataram respostas significativas no teor de açúcar total e redutor em sementes de feijão IAC Carioca em função de doses crescentes de P aplicadas no solo. O teor de proteína ajustou-se a uma equação polinomial cúbica quando submetida a análise de regressão (Figura 30), com menores valores nas doses de 30 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅. Segundo Osborn (1988), a variação da porcentagem de proteínas não é apenas dependente da expressão genética, mas também de outros fatores como a aquisição de nutrientes, vigor da planta e tamanho da semente. As porcentagens de proteína observadas são compatíveis com as relatada por Chiaradia & Gomes (1997) em feijoeiro.

QUADRO 11: Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P_2O_5)	Proteína (%)	Açúcar total (%)	Açúcar redutor (%)
0	21,17	3,58	0,365
30	19,45	3,39	0,281
60	20,39	3,38	0,323
90	20,11	3,42	0,356
120	20,80	3,27	0,326
150	18,27	3,55	0,423
CV (%)	7,41	9,86	38,09
F	1,99 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,54 ^{ns}
F linear	3,01 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,68 ^{ns}
F quadrática	0,54 ^{ns}	1,43 ^{ns}	1,07 ^{ns}
F cúbica	5,29*	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

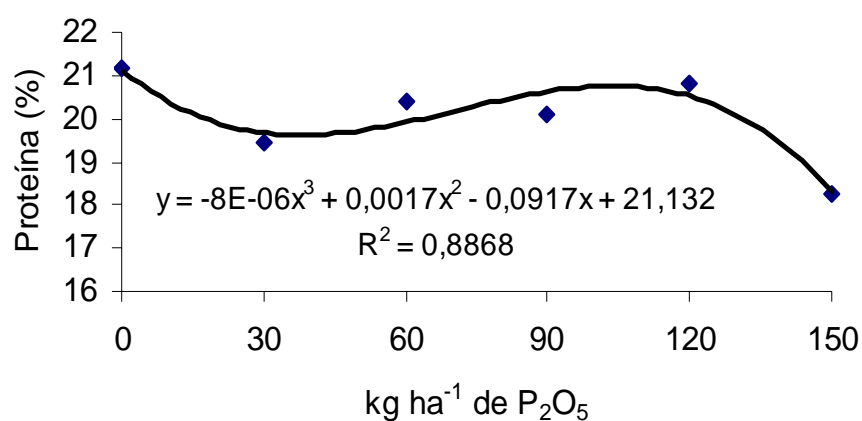


Fig. 30: Porcentagem de Proteína em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

c) Qualidade das sementes

A massa de 100 sementes e os demais parâmetros determinados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes em função da adubação fosfatada são apresentados no Quadro 12. Foram observadas diferenças significativas apenas para o teor de água e para a porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado. Os valores observados na massa de 100 sementes são semelhantes à média relatada para a cultivar (POMPEU, 2001). O teor de água das sementes provenientes do tratamento onde se empregou a dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi significativamente inferior aos das doses de 0 e 30kg ha⁻¹ de P₂O₅. As doses de 0 e 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultaram em sementes com menor porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado em relação à dose de 60kg ha⁻¹ de P₂O₅.

QUADRO 12: Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	M100 (g)	TA (%)	G (%)	PC (%)	TAEA (%)	EA (%)	CE (μ S cm ⁻¹ g ⁻¹)	EC (%)	MP (g)
0	23,19	16,8 a	90	86	33,1	64 b	79,11	89	0,190
30	22,59	16,9 a	86	84	32,5	78 ab	90,73	92	0,181
60	22,87	14,9 ab	93	92	32,8	84 a	85,21	88	0,195
90	23,05	13,0 b	90	88	33,8	61 b	89,38	88	0,191
120	23,99	15,7 ab	87	85	34,0	69 ab	84,61	83	0,189
150	23,08	16,5 ab	84	78	34,0	76 ab	87,80	89	0,189
CV (%)	4,28	9,37	8,87	12,7	3,12	11,73	7,5	7,19	7,51
F	0,91 ^{ns}	4,13 [*]	0,66 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,57 ^{ns}	4,30 [*]	1,62 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,44 ^{ns}
F linear	0,85 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,90 ^{ns}	5,34 [*]	2,77 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,04 ^{ns}
F quadrática	0,06 ^{ns}	11,02 ^{**}	0,94 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,62 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}
F cúbica	2,77 ^{ns}	2,35 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,96 ^{ns}	8,52 [*]	2,52 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,28 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

O teor de água inicial e o teor de água e a germinação após o envelhecimento acelerado mostraram resultados significativos na análise de regressão, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 31), linear (Figura 32) e cúbica (Figura 33), respectivamente. Embora significativa, as variações no teor de água são pouco expressivas, não demonstrando potencial para alterar os processos biológicos da semente. Apesar das variações observadas na germinação após o envelhecimento acelerado, os demais testes mostraram que não houve efeito da adubação fosfatada na qualidade fisiológica das sementes. O suprimento inadequado de P pode reduzir o número, o tamanho e a viabilidade das sementes (POTAFÓS, 2002), entretanto, as plantas respondem a deficiência de P maximizando a probabilidade de produzir sementes de qualidade (GRANT et al., 2001). Desse modo, o baixo teor de P inicial no solo e as alterações observadas na composição química das sementes (Quadros 10 e 11), não foram suficientes para comprometer o desenvolvimento, germinação e vigor das sementes produzidas, mesmo na ausência da adubação fosfatada.

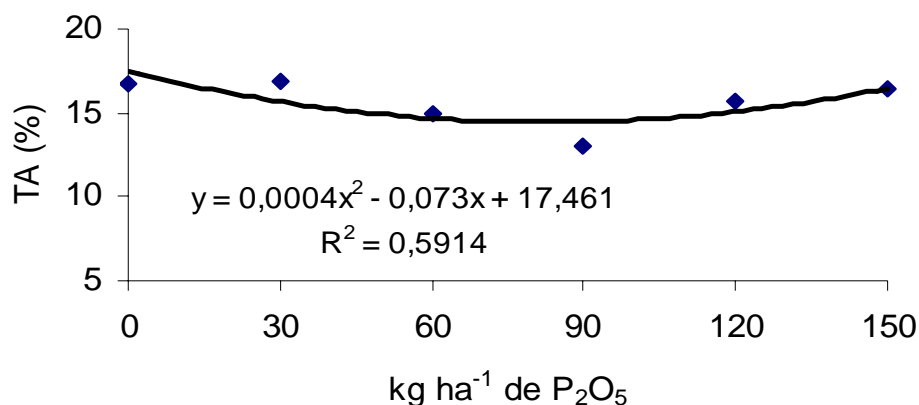


Fig. 31: Teor de água em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

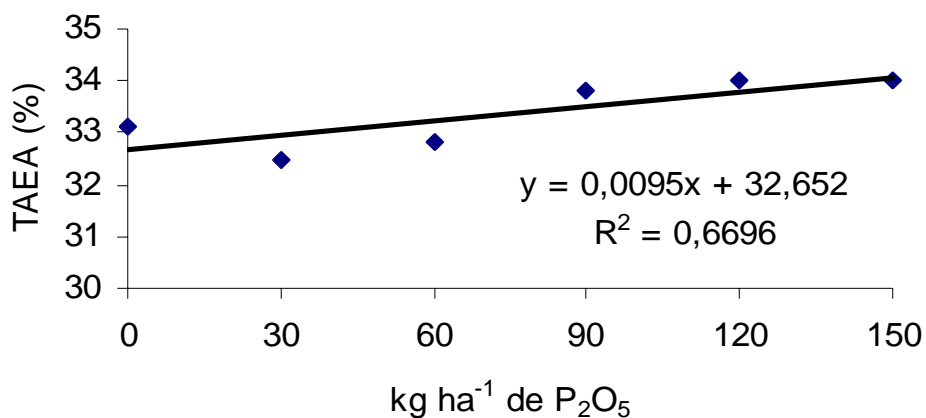


Fig. 32: Teor de água após o envelhecimento acelerado em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

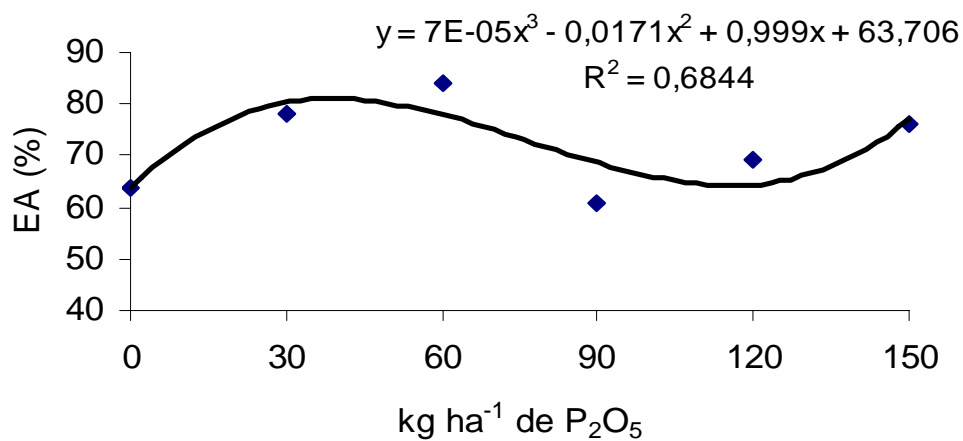


Fig. 33: Germinação após envelhecimento acelerado em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época das águas em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

6.1.4. IAC Carioca Tybatã cultivado no período da seca

a) Produtividade de sementes

De forma semelhante ao observado no cultivo das águas, a produtividade de sementes ajustou-se a uma equação linear crescente com o aumento das doses de P aplicadas no solo (Figura 34). O aumento da produtividade de sementes de diversos cultivares de feijoeiro, em função da adubação fosfatada, tem sido constatada em outros trabalhos, contudo, com ajuste quadrático da equação de regressão (PARRA & MIRANDA, 1980, VIDAL & JUNQUEIRA NETO, 1982, OLIVEIRA et al., 1987, SILVEIRA & MOREIRA, 1990, SILVA et al., 2001, SILVA & VAHL, 2002). Todavia, Andrade et al. (1999) não obtiveram resposta à adubação fosfatada quanto a produtividade de sementes de feijão do cultivar Xamego, fato este, atribuído ao alto teor inicial de P no solo. Além do P disponível no solo, a resposta a aplicação de P depende também do genótipo (OLIVEIRA et al., 1987 e Fageria, 1998). Para os cultivares Carioca e Jalo, Vidal e Junqueira Neto (1982) observaram máxima produção com as doses de 268 e 291kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Assim, as doses avaliadas neste trabalho ficaram aquém da requerida para máxima expressão produtiva da cultivar. A resposta crescente da produtividade com o aumento das doses de P aplicadas deve-se ao baixo teor inicial de P no solo, porém, mesmo na ausência de adubação fosfatada, a cultivar apresentou produtividade acima da média de 788kg ha⁻¹ da região Sudeste (YOKOYAMA et al., 2000), demonstrando sua eficiência na utilização do P e sua potencialidade de uso em solos com menor disponibilidade de P.

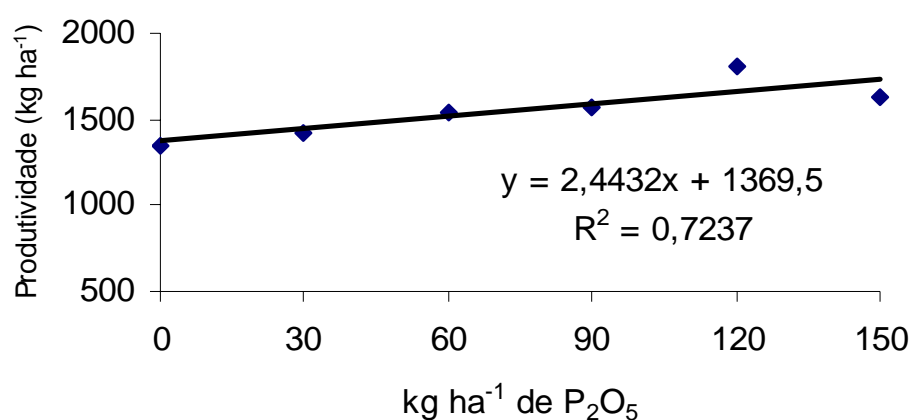


Fig. 34: Produtividade de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca, em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

b) Composição química das sementes

Os teores de N, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Fe nas sementes não diferiram com a adubação fosfatada (Quadro 13). Sob condições semelhantes de cultivo, Ramos Júnior et al. (2003a) também não verificaram efeito da aplicação de P sobre o teores desses nutrientes na semente de feijão cv. IAC Carioca, com exceção ao Mg que apresentou maiores valores com a aplicação no solo de 60 e 90kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para o cultivar Carioca, Feitosa et al. (1980) encontraram teores de N e Ca menores que os obtidos para a cultivar IAC Carioca Tybatã e, verificaram ainda decréscimo do teor de N das sementes com o aumento das doses de P. As doses de P aplicadas alteraram significativamente os teores de P, K e Zn das sementes. O teor de P foi incrementado com o aumento da adubação fosfatada, com variação de 28% entre os tratamentos extremos. A dose de 60kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em teor de K significativamente inferior a dose de 150kg ha⁻¹. O teor de Zn foi inferior nas duas maiores doses de P aplicados em relação às demais. Os teores de P, K e Zn, apesar das variações entre tratamentos, encontram-se dentro da faixa de valores relatada por Fageria et al. (2003).

O teor de P das sementes ajustou-se a uma equação polinomial cúbica quando submetido à análise de regressão (Figura 35), embora também à linear (Quadro 13). Os teores de P aumentaram até a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com redução mínima nas doses seguintes e posterior acréscimo na última dose avaliada. Segundo Araújo et al. (2000) os cultivares de feijão com maiores rendimentos apresentam menores teores de P nas sementes. Dessa forma, a redução no teor de P das sementes observada na dose de 120kg ha⁻¹ de P₂O₅, pode se parcialmente atribuída a maior produtividade observada nessa dose (Figura 34), causando assim um efeito de diluição do P acumulado. Entretanto, o teor de P nas sementes está significativamente correlacionado com a produção de sementes (Fageria et al., 2003), assim o teor de P nas sementes seguiu comportamento semelhante ao observado para a produtividade (Quadro 13), com ajuste linear para ambos, como observado no cultivo das águas para essa mesma cultivar, embora o P tenha se ajustado também à equação cúbica neste período de cultivo.

QUADRO 13: Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sementes de feijão, IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Fe	Zn
(Kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	.....g kg ⁻¹.....						.....mg kg ⁻¹			
0	38,28	3,08 c	9,86 ab	10,24	1,62	1,72	5,20	16,00	86,40	32,00 a
30	36,74	3,49 bc	10,62 ab	9,58	1,58	1,72	9,60	13,60	70,80	30,80 a
60	37,34	3,72 b	8,00 b	9,34	1,66	1,56	7,60	12,80	82,00	30,80 a
90	37,86	3,70 b	9,70 ab	9,38	1,72	1,70	8,80	18,80	75,60	30,00 a
120	37,70	3,70 b	10,36 ab	8,82	1,58	1,81	5,20	18,00	74,80	27,20 b
150	36,72	4,27 a	12,30 a	8,16	1,62	1,45	4,00	15,20	66,80	26,00 b
CV (%)	5,71	6,68	17,07	11,45	6,54	17,80	82,80	19,54	17,30	4,65
F	0,43 ^{ns}	12,46 ^{**}	3,27 [*]	2,21 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,96 ^{ns}	1,48 ^{ns}	14,58 ^{**}
F linear	0,31 ^{ns}	51,26 ^{**}	4,10 ^{ns}	10,16 ^{**}	0,02 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,74 ^{ns}	3,52 ^{ns}	55,75 ^{**}
F quadrática	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	7,18 [*]	0,08 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,97 ^{ns}
F cúbica	1,55 ^{ns}	9,88 [*]	0,48 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,14 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,36 ^{ns}	10,15 ^{**}	1,51 ^{ns}	0,03 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

O teor de K das sementes em função das doses de P aplicadas no solo ajustou-se a uma equação polinomial quadrática (Figura 36), com menor valor na dose de 60kg ha⁻¹ de P₂O₅. Contudo, Feitosa et. al. (1980), Silva & Vahl (2002) e Ramos Júnior et al. (2003a) não obtiveram resposta da adubação fosfatada quanto aos teores de K nas sementes para os cultivares Carioca, BR Fepagro Guapo Brilhante e IAC Carioca, respectivamente.

Embora não tenham diferido na comparação de médias, os teores de Ca das sementes decresceram linearmente com o aumento das doses de P (Figura 37). Os teores de Mn e Zn ajustaram-se a uma equação polinomial cúbica e linear decrescente, respectivamente (Figuras 38 e 39), com valores semelhantes aos relatados por Fageria et al. (2003). A redução do teor de Zn com o incremento das doses de P provavelmente esteja associada ao antagonismo entre esses nutrientes relatado por Malavolta et al. (1989).

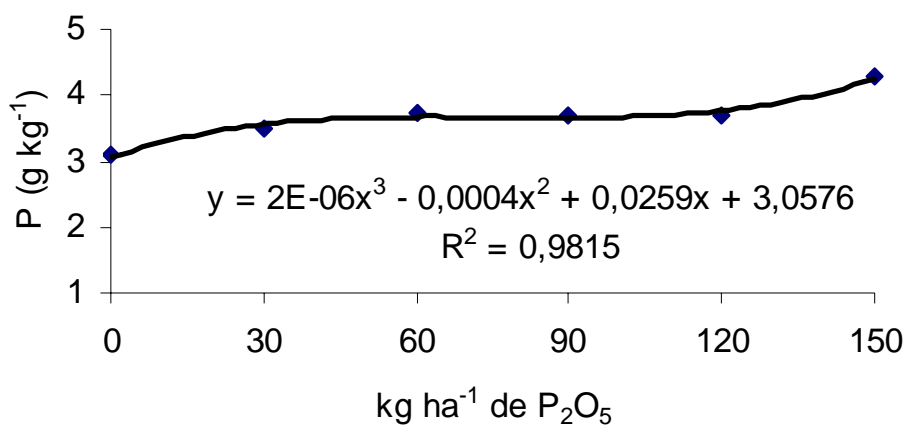


Fig. 35: Teor de P em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

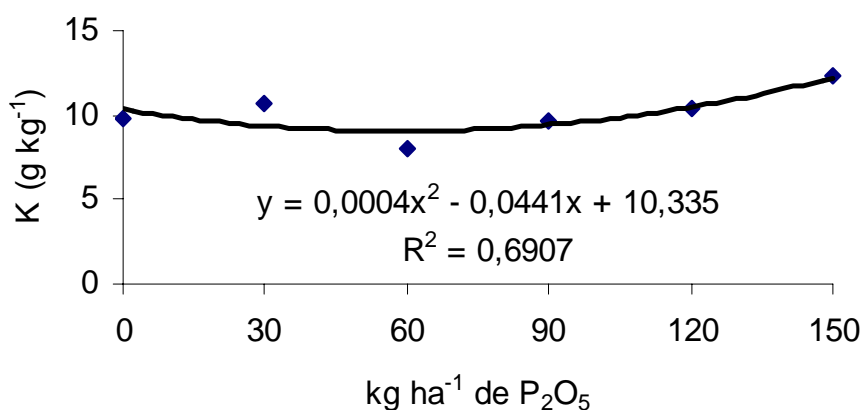


Fig. 36: Teor de K em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

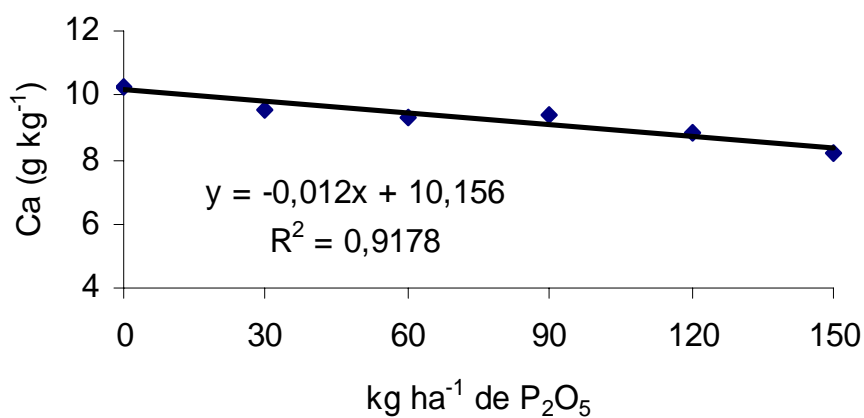


Fig. 37: Teor de Ca em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

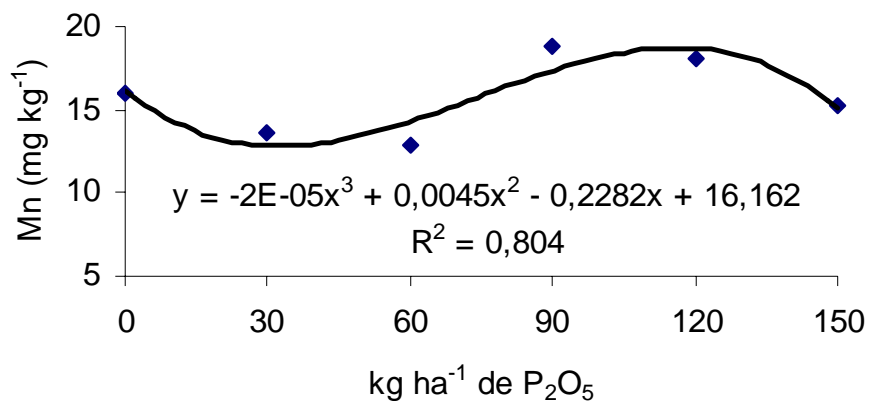


Fig. 38: Teor de Mn em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

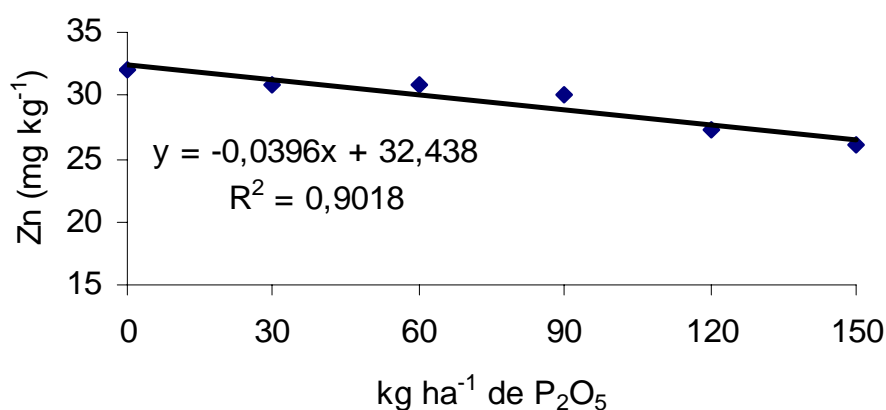


Fig. 39: Teor de Zn em sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

No Quadro 14 são apresentados as porcentagens de proteína e açúcares total e redutor das sementes de feijão IAC Carioca Tybatã em função das doses de P aplicadas no solo. A adubação fosfatada não exerceu efeito sobre as porcentagens desses três parâmetros. As porcentagens de proteína observadas estão próximas à média da cultivar (24,1%) relatada por Pompeu (2001), contudo não mostraram ajuste significativo ao P aplicado como observado no cultivo das águas. Os teores de açúcar redutor observados também são muito superiores aos obtidos para a mesma cultivar na época das águas, assim

pode se inferir que o ambiente exerce algum efeito sobre a composição química. Neste aspecto, Sathe et al. (1984) relatam que fatores ambientais tais como a localização geográfica e a estação do ano podem influenciar significativamente o teor de proteína de sementes de feijão.

QUADRO 14: Porcentagens de proteína e açúcares, total e redutor, em sementes de feijão cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P_2O_5)	Proteína (%)	Açúcar total (%)	Açúcar redutor (%)
0	23,92	4,98	1,742
30	22,96	4,99	1,264
60	23,34	4,96	1,182
90	23,66	5,00	1,511
120	23,56	4,98	1,491
150	22,94	4,96	1,059
CV (%)	5,72	0,40	53,07
F	0,42 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,59 ^{ns}
F linear	0,30 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,77 ^{ns}
F quadrática	0,00 ^{ns}	2,63 ^{ns}	0,02 ^{ns}
F cúbica	1,54 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,08 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

c) Qualidade das sementes

A massa de 100 sementes e os parâmetros avaliados para determinação da qualidade fisiológica são apresentados no Quadro 15. As doses de 30 e 60kg ha⁻¹ de P_2O_5 resultaram em massa de 100 sementes significativamente inferior a dose de 90kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Contudo, apesar das maiores doses de P resultarem em sementes com maior massa, essas não diferiram significativamente das sementes provenientes de solo onde não foi aplicado P. As

massas de sementes obtidas são compatíveis com o valor médio relatado para a cultivar (Pompeu, 2001). Na análise de regressão a massa de 100 sementes aumentou linearmente com as doses de P aplicadas no solo (Figura 40), confirmando os relatos de Vieira (1986a) e Singh et al. (1989) de que sementes oriundas de plantas cultivadas sob altos teores de P são mais pesadas em relação às as plantas mal nutridas. Fageria et al. (2003) também afirma que uma das influências do P na cultura do feijão é o aumento da massa de sementes, um dos componentes determinantes da produtividade. Contudo, as doses avaliadas não permitiram a expressão máxima do potencial da cultivar em relação à resposta da massa de 100 sementes à adubação fosfatada. Em sementes de feijão fava, Mendes et al. (2003) observaram resposta quadrática da massa de sementes com a aplicação de P. O aumento linear para a massa de 100 sementes, também foi observado para a produtividade (Figura 34), confirmando a relação entre esses parâmetros.

QUADRO 15 : Massa de 100 sementes (M100), teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem (PC), teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA), germinação após o envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas no campo (EC) e massa de matéria seca de plântulas (MP) de sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	M100 (g)	TA (%)	G (%)	PC (%)	TAEA (%)	EA (%)	CE ($\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$)	EC (%)	MP (g)
0	22,33 ab	11,5	96	90	34,5	91	65,34	93	0,104
30	21,94 b	11,4	95	82	32,5	95	70,70	89	0,100
60	22,06 b	11,7	97	88	34,3	92	67,44	87	0,101
90	23,47 a	13,4	97	93	35,2	94	68,90	90	0,106
120	22,54 ab	12,5	96	81	33,4	94	66,47	90	0,104
150	23,09 ab	11,7	96	91	33,8	92	65,95	94	0,108
CV (%)	2,76	12,59	2,62	6,47	4,17	4,17	5,52	7,65	8,69
F	4,74 ^{**}	1,36 ^{ns}	0,41 ^{ns}	3,23 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,65 ^{ns}
F linear	9,11 ^{**}	1,28 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,50 ^{ns}
F quadrática	0,03 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,92 ^{ns}	3,09 ^{ns}	0,67 ^{ns}
F cúbica	2,59 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,46 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,41 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente

Os parâmetros determinados para a avaliação da qualidade fisiológica não diferiram entre as doses de P avaliadas, demonstrando que a disponibilidade do nutriente no solo não foi limitante ao desenvolvimento da semente, ao seu vigor e à sua qualidade. Normalmente, sementes mais bem formadas apresentam maior massa e, conseqüentemente, melhor qualidade fisiológica (Carvalho & Nakagawa, 2000); contudo, as diferenças observadas na massa de 100 sementes não se refletiram sobre a qualidade. Sob baixa disponibilidade de P no solo o comportamento das plantas é, geralmente, de reduzir o número de sementes produzidas garantindo, contudo, que as poucas sementes formadas sejam viáveis e de alto vigor (Grant et al. 2001). Neste caso, portanto, o reflexo da disponibilidade de P é observado sobre a produtividade, sem alterações na qualidade fisiológica das sementes, apesar das variações observadas na composição química das mesmas. Ramos Júnior et al. (2003b) também não observaram incrementos na qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. IAC Carioca em função da adubação fosfatada, porém na época das águas.

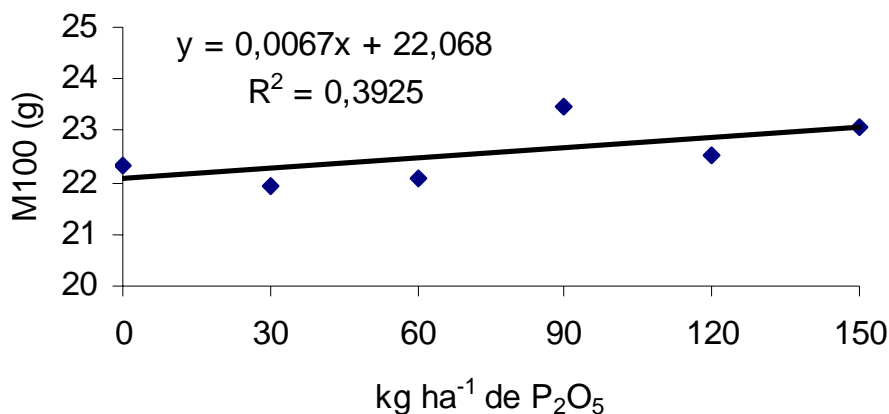


Fig. 40: Massa de 100 sementes de feijão, cultivar IAC Carioca Tybatã, cultivado na época da seca em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo.

6.2. Avaliação do desempenho das sementes

Após a produção das sementes de feijão sob diferentes níveis de P aplicadas no solo foram selecionados, mediante determinação e análise estatística da composição química das mesmas, os tratamentos com menor, intermediário e maior teores de fósforo na semente para cada cultivar e época de cultivo (Quadro 1). As sementes com diferentes teores de P foram semeadas, em época subsequente ao seu cultivo, em combinação com diferentes doses de P no solo para avaliação do seu desempenho por meio da análise de crescimento, componentes de produção e produtividade, cujos resultados são apresentados e discutidos na sequência.

6.2.1. Carioca Precoce produzido no período das águas

6.2.1.1. Análise de Crescimento

a) Índices biométricos

As massas de matéria seca total do feijoeiro Carioca Precoce, produzido no período das águas, em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo são apresentadas no Quadro 16. Não foi verificado efeito significativo do teor de P na semente e da interação deste fator com o teor de P aplicado no solo sobre a massa de matéria seca das plantas, independentemente da época de amostragem. Segundo Grant et al. (2001), o teor de P na semente pode ser utilizado para melhorar o suprimento de P no início do ciclo e aumentar o crescimento subsequente da planta. Assim, mesmo nas sementes com menor teor de P, o teor inicial de P no solo foi suficiente para permitir o desenvolvimento da planta. Ao avaliarem os efeitos do aumento do teor de P na semente, obtidos via adubação foliar, Araújo et al. (2002) observaram maior crescimento vegetativo do feijoeiro proveniente de sementes com maior teor de P quando cultivada em solos que receberam menor adubação fosfatada, porém tanto os teores de P das sementes quanto o intervalo entre os mesmos foram maiores que os avaliados neste estudo. A massa de matéria seca das plantas foi significativamente alterada pela aplicação de P no solo em todas as épocas de coleta (Quadro 16). As doses de 90

e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultaram em plantas com maior massa de matéria seca em relação a ausência de adubação fosfatada. Esses resultados confirmam os efeitos da adubação fosfatada no aumento da produção de massa de matéria seca da parte aérea do feijoeiro relatados por Fageria et al. (2003).

QUADRO 16: Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg⁻¹) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Tratamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	
	Dias Após a Emergência (DAE)										
P na semente	g planta ⁻¹										
P1 (3,11)	0,58	1,10	2,38	4,28	6,38	10,68	13,80	17,95	23,90	19,33	
P2 (3,46)	0,54	1,09	2,26	3,73	5,90	11,04	13,47	17,74	21,28	19,30	
P3 (3,80)	0,51	1,02	2,23	4,18	6,80	11,43	13,60	16,20	21,54	18,00	
P no solo	0	90	150								
0	0,41 b	0,76 b	1,91 b	3,25 b	5,29 b	9,06 b	11,80 b	14,69 b	19,04 b	16,62 b	
90	0,58 a	1,15 a	2,50 a	4,23 a	6,64 a	12,23 a	14,60 a	17,70 ab	24,34 a	19,87 a	
150	0,65 a	1,30 a	2,46 a	4,71 a	7,14 a	11,84 a	14,47 a	20,50 a	23,36 ab	20,15 a	
Valor de F	P semente (Pse)	2,49 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2,13 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,72 ^{ns}
P solo (Pso)	34,23 ^{**}	24,92 ^{**}	7,82 ^{**}	13,99 ^{**}	13,55 ^{**}	8,04 ^{**}	6,87 ^{**}	11,17 ^{**}	3,76 [*]	4,86 [*]	
Pse * Pso	0,03 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,00 ^{ns}	
CV (%)	15,01	20,0	19,82	18,94	15,83	21,38	17,14	19,77	25,30	18,26	

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

O índice de área foliar do feijoeiro Carioca Precoce, produzido no período das águas, não foi significativamente afetado pelo teor de P da semente e pela interação deste fator com o teor de P no solo (Quadro 17). Araújo et al. (2002) relatam que, na ausência de adubação fosfatada via solo, o alto teor de P na semente estimulou a expansão da área foliar do feijoeiro, com aumentos no índice de área foliar e na massa de matéria seca da folha até os 30 dias após a emergência das plantas, porém avaliaram as cultivares Carioca e Rio Tibagi com teores de P nas sementes de 5,6 e 6,3g kg⁻¹, respectivamente. As doses de P aplicadas no solo alteraram o índice de área foliar do feijoeiro até os 45 dias após a emergência das plantas. Silva e al. (2003b) também relataram efeito significativo do teor de P na semente do feijoeiro sobre o índice de área foliar por ocasião do florescimento, sendo este efeito maior no solo adubado que no solo deficiente em fósforo, contudo também utilizaram outro cultivar, em solo com teor inicial de P inferior a deste estudo e sementes com teores mais contrastantes de P.

QUADRO 17: Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73
	Dias Após a Emergência (DAE)									
P na semente	$\text{Cm}^2 \text{ planta}^{-1}$									
P1 (3,11)	130,70	263,79	434,83	896,12	1059,85	1346,12	1252,06	1001,00	946,95	192,01
P2 (3,46)	123,19	244,74	427,02	805,65	1014,02	1187,50	1205,31	1030,27	747,61	221,10
P3 (3,80)	113,11	228,07	393,82	831,72	1128,29	1272,08	1126,14	892,22	688,29	245,02
P no solo										
0	86,70 b	170,80 b	366,17 b	691,70 b	906,53 b	1046,65 b	1091,92	905,16	662,68	212,37
90	132,39 a	265,23 a	443,02 a	884,13 a	1109,47 a	1355,38 a	1219,02	1000,17	809,15	198,60
150	147,91 a	300,57 a	446,48 a	957,65 a	1186,16 a	1403,66 a	1272,58	1018,16	911,03	247,17
Valor de F										
P semente (Pse)	2,88 ^{ns}	1,76 ^{ns}	2,00 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,26 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,91 ^{ns}	1,07 ^{ns}
P solo (Pso)	37,99 ^{**}	24,79 ^{**}	8,69 ^{**}	13,46 ^{**}	7,98 ^{**}	7,68 ^{**}	1,90 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Pse * Pso	0,32 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,00 ^{ns}
CV (%)	16,47	21,25	14,25	17,16	18,56	21,34	21,82	33,93	38,73	45,34

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

A ausência de adubação fosfatada resultou em plantas com área foliar significativamente menor em relação aos tratamentos que receberam adubação via solo (Quadro 17). Segundo Lynch et al. (1991) e Araújo & Teixeira (2000) a baixa disponibilidade de P afeta o crescimento do feijoeiro principalmente pela diminuição do aparecimento de folhas. Em experimento conduzido em casa de vegetação, Lima et al. (2002) também constataram que o suprimento limitado de P causa redução na formação de folhas, porém, essa redução é parcialmente compensada pela planta com o atraso na senescência foliar. Os valores semelhantes observados no índice de área foliar entre as doses de P avaliadas após os 45 dias da emergência das plantas pode estar relacionada aos efeitos da adubação fosfatada sobre a produção e senescência das folhas, uma vez que suprimentos elevados de P causam estímulo a produção de folhas, mas aumentam a senescência foliar. Assim, nos tratamentos com suprimento de P via solo ocorreu uma maior formação de folhas durante a fase vegetativa, porém com a aceleração do metabolismo vegetal ocorreu maior perda de folhas devido a senescência, enquanto que na ausência de adubação fosfatada as plantas produziram menor número de folhas na fase vegetativa, porém mantiveram essas folhas por mais tempo durante a fase reprodutiva.

b) Índices fisiológicos

Na Figura 41 são apresentadas as taxas de crescimento da cultura (TCC) em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas em função do teor de fósforo na semente (P1, P2 e P3) e de doses de P aplicadas na semente (0, 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅). Independentemente do teor de P na semente e da dose de P aplicada no solo, a taxa de crescimento da cultura aumentou até os 52 dias após a emergência, quando o feijoeiro atingiu a máxima velocidade de crescimento. Após esse período, ocorreu redução contínua da TCC até atingir valores negativos em alguns tratamentos na última amostragem (73DAE). Os valores máximos de TCC geralmente coincidem com os primeiros estádios de frutificação, seguindo-se de decréscimo com a maturação das plantas devido a paralisação do crescimento vegetativo, perda de folhas e senescência (BROWN, 1984).

A TCC em função do tempo evidencia maior produção e acúmulo de massa de matéria seca nos tratamentos com aplicação de 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ para os três teores de P na semente. No menor teor de P na semente (P1) a ausência de adubação fosfatada proporcionou menor TCC até o fim do ciclo fenológico da cultura. Nas duas últimas amostragens a TCC da dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P1 diminuiu, atingindo taxas semelhantes ao tratamento sem aplicação de P. Em P2 e P3 a TCC foi menor na ausência de adubação fosfatada somente até os 52DAE. A dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em menor TCC após os 59DAE para sementes com maior teor de P (P3).

A menor TCC na ausência de adubação fosfatada possivelmente esteja associada a menor área foliar em virtude da redução do número de folhas causada pela baixa disponibilidade de P (LYNCH et al., 1991 e RODRIGUEZ et al., 1998), ocasionando uma menor produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, menor taxa de produção de matéria seca. A baixa taxa de crescimento sob condições de estresse pode ser uma adaptação da planta, pois um crescimento lento leva a uma menor demanda e a uma menor exaustão dos recursos do ambiente, com isso ocorreria uma menor incorporação de fotossintatos e nutrientes, permitindo a formação de reservas dentro da planta (ARAÚJO, 2000). Entretanto, em plantas anuais o crescimento lento parece não se configurar como uma adaptação ao baixo suprimento de P, pois essas necessitam de um rápido crescimento para poderem competir em seus habitats naturais (CHAPIN et al., 1989). A redução mais acentuada da TCC nas doses de 90 e 150kg

ha⁻¹ de P₂O₅, principalmente em P2 e P3, deve-se a aceleração do metabolismo vegetal ocasionada pelo suprimento adequado de P que, causa estímulo a produção de folhas, mas aumenta a senescência foliar (LIMA et al., 2002).

A taxa de crescimento relativo (TCR) declinou sistematicamente com o ciclo fenológico da cultura, independentemente do teor de P na semente e das doses de P aplicadas no solo (Figura 42). As doses de P avaliadas apresentaram TCR semelhantes durante todo o ciclo da cultura para todos os teores de P na semente, porém a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em menores TCR que as demais, principalmente para sementes com maior teor de P (P3). Em todos os tratamentos os maiores valores da TCR foram observados aos 10DAE, chegando a valores inferiores a zero aos 73DAE. Urchei et al. (2000) também verificaram comportamento da TCR semelhante ao aqui observado ao avaliarem o crescimento de duas cultivares de feijoeiro (Safira e Aporé) em plantio direto e preparo convencional, sob irrigação.

O decréscimo da TCR deve-se ao aumento da massa de matéria seca da planta ocasionada pelo acréscimo de componentes estruturais da planta, que não contribuem para o crescimento por não serem fotossinteticamente ativos (RODRIGUES, 1992) e também devido à elevação da atividade respiratória e auto sombreamento, cuja importância aumenta com o avanço do ciclo fenológico da planta (URCHEI et al., 2000). Segundo Brown (1984) a senescência e queda das folhas e a morte de gemas também explicam o decréscimo e os valores negativos da TCR observados no final do ciclo da planta.

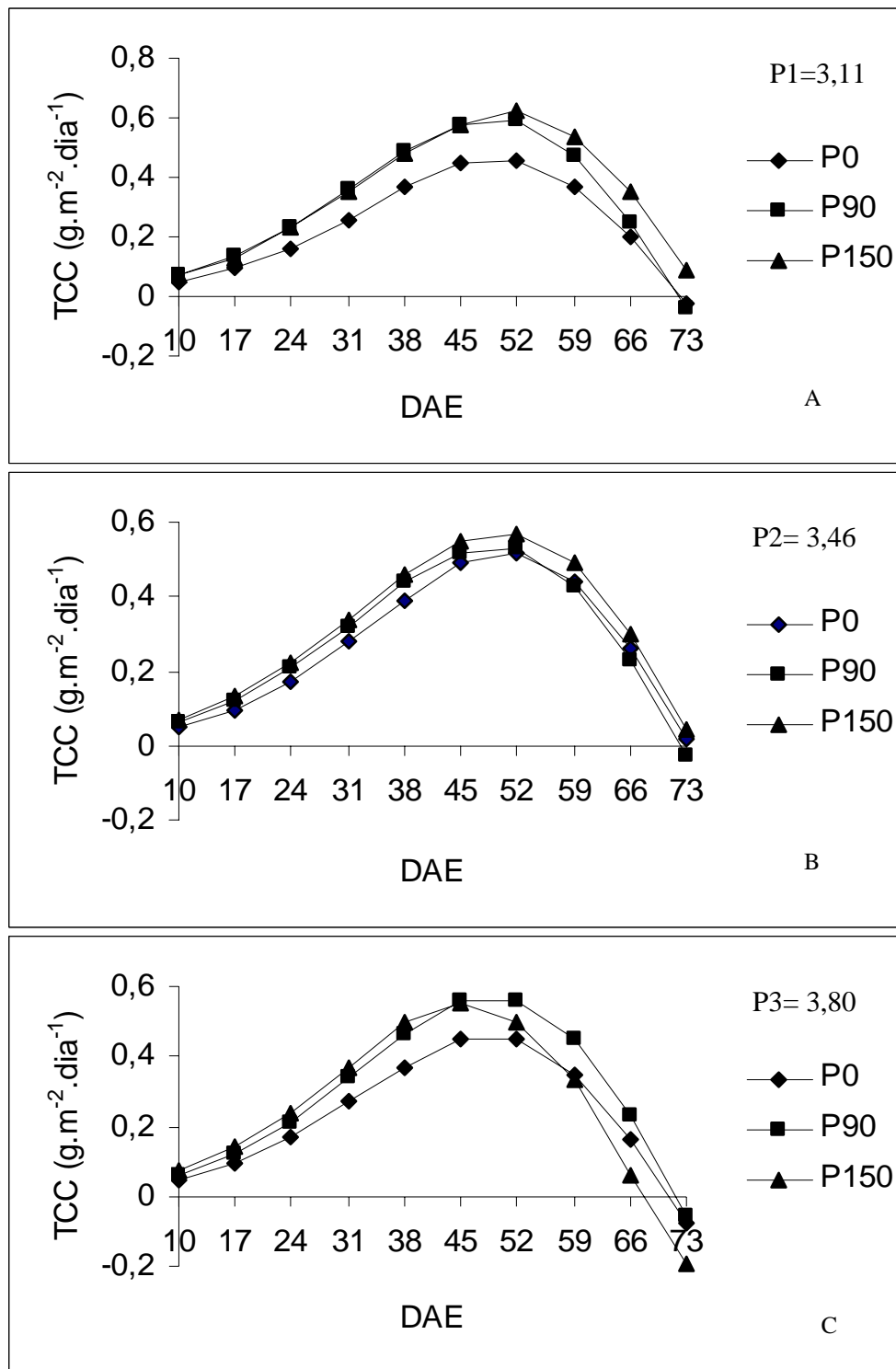


FIGURA 41: Taxa de Crescimento da cultura em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

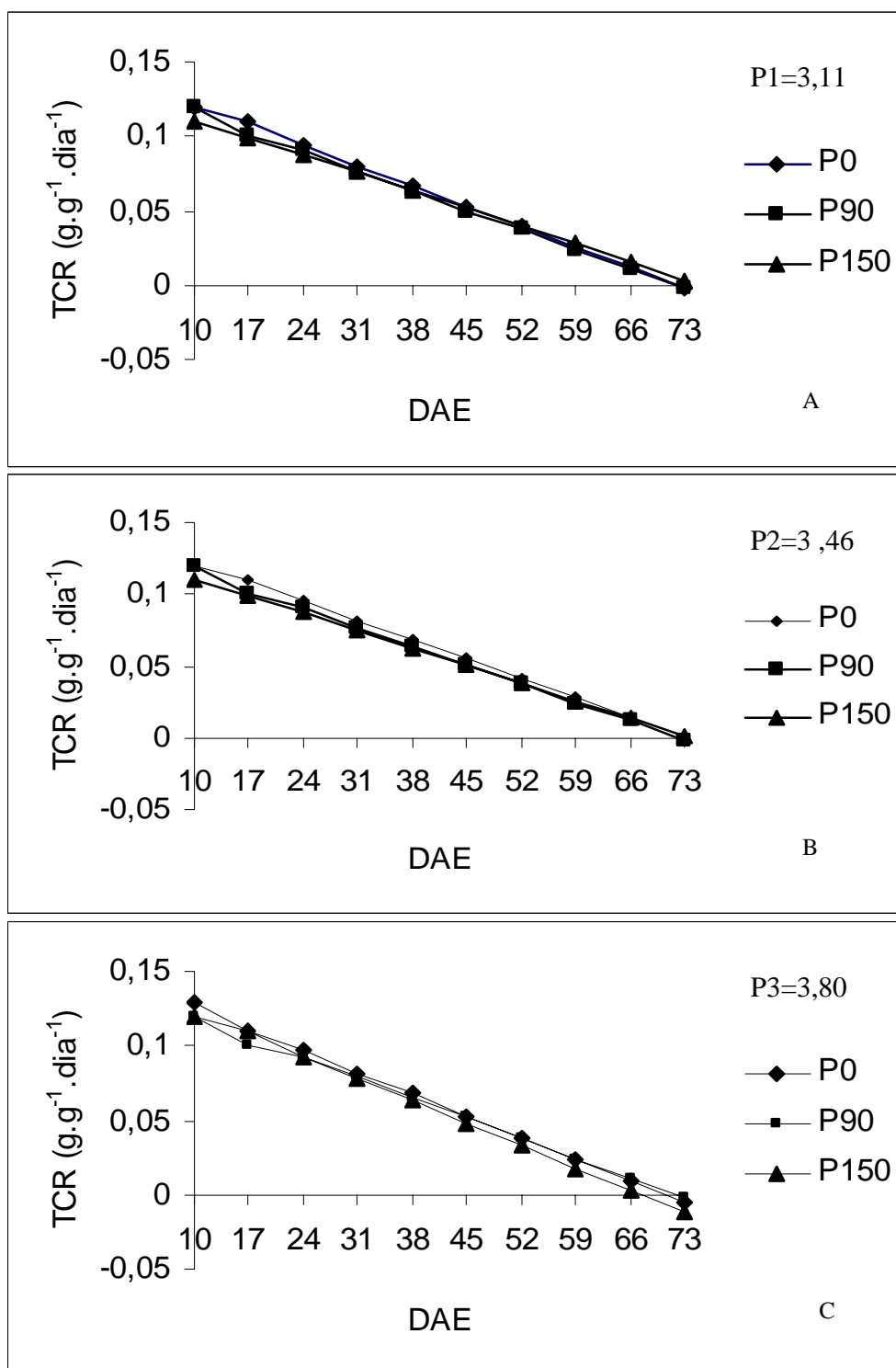


FIGURA 42: Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar Carioca Precocinha produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

A taxa de assimilação líquida (TAL) decresceu até os 31DAE para todas as doses de P avaliadas, independentemente do teor de P na semente (Figura 43). Após esse período a TAL aumentou progressivamente até os 59DAE, retomando o decréscimo até o término do ciclo da cultura, com valores negativos na última amostragem. As taxas de assimilação foram semelhantes entre as doses de P aplicadas no solo para todos os teores de P na semente até os 59DAE para P1 e P2 e até os 52DAE para P3. A dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou menor TAL até os 52DAE em P1 e P2 em relação as demais, contudo, após esse período demonstrou maiores taxas de assimilação. Considerando que a TCR depende da TAL e da razão de área foliar (BENINCASA, 2003), a menor TAL obtida na maior dose de P para P1 e P2 certamente contribuiu para a menor TCR observada nesses tratamentos. No maior teor de P na semente (P3) a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ não diferiu das demais até os 52DAE, entretanto no final do ciclo resultou em menores TAL. Esse índice fisiológico representa a matéria seca produzida por unidade de área foliar por unidade de tempo (BENINCASA, 2003), assim, como a TAL foi semelhante para todos os tratamentos, a maior TCC observada com a adubação fosfatada, possivelmente esteja associada ao maior número de folhas produzidas pelas plantas em condições adequadas de disponibilidade de P, confirmando os relatos de Lynch et al. (1991) de que a disponibilidade de P afeta o crescimento do feijoeiro principalmente pela diminuição do aparecimento de folhas mais do que por efeitos diretos na fotossíntese. Assim como para a TCC e TCR os valores negativos observados na última amostragem para a TAL devem-se a senescência e morte das folhas e partes fotossinteticamente ativas da planta e aumento da atividade respiratória.

As curvas da razão de área foliar (RAF) seguiu comportamento semelhante para todas as doses de P aplicadas no solo e teores de P na semente (Figura 44) com aumentos até os 24DAE e redução sucessiva até o término do ciclo da planta. Urchei et al. (2000) também verificaram aumento da RAF no início do ciclo do feijoeiro, indicando que nesta fase a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas para maior interceptação da energia luminosa. O decréscimo da RAF com o crescimento da planta deve-se a redução da potencialidade da planta em produzir novas folhas, a interferência das folhas superiores sobre as inferiores e senescência e queda das folhas com o avanço do ciclo (BENINCASA, 2003), além do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias como flores, vagens e sementes que contribuem para o aumento da massa seca total (URCHEI et al.,

2000). Em sementes com menor teor de P (P1) observa-se maiores valores da RAF com o aumento da dose de P aplicada no solo até os 38DAE. Apesar do aumento da RAF neste período, as menores taxas de assimilação observadas na maior dose de P aplicada no solo determinou a menor TCR para o tratamento em P1 (Figura 42). Em P3 a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em menor RAF dos 24 aos 45DAE, justificando a menor TCR observada neste período para este tratamento (Figura 42), uma vez que, a RAF juntamente com a TAL determinam a TCR. A menor TCR após os 45DAE é explicada pela menor TAL apresentada por este tratamento como pode ser observado na Figura 43.

A área foliar específica (AFE) representa o espessamento foliar (Benincasa, 2003), indicando se elas estão acumulando fotoassimilados nas folhas ou translocando os mesmos para outros órgãos. Com exceção a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P3, os demais tratamentos apresentaram curvas semelhantes quanto a AFE (Figura 45), com aumento da taxa até os 31DAE seguido por decréscimos sucessivos até fim do ciclo da planta. O aumento observado na AFE deve-se as alterações morfológicas ocorridas nas folhas pelo aumento da expansão foliar, como relatado em aveia-preta por Rossetto & Nakagawa (2001). A redução da AFE a partir dos 31DAE deve-se ao acúmulo de fotossintetizados na folha, aumentando a massa de matéria seca da mesma. No fim do ciclo da planta, apesar da translocação de fotoassimilados para a formação da semente que tende a aumentar a AFE, esta continua decrescendo em função da senescência, morte e queda das folhas. Em P3, a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou redução contínua do índice, contudo com decréscimos menos acentuados que as demais doses, resultando em menores valores de AFE dos 17 aos 45DAE e maiores a partir dos 59DAE. Em P1 a ausência de adubação fosfatada proporcionou menor área foliar específica até os 45DAE, justificando a menor RAF observada neste tratamento pois a AFE juntamente com a razão de peso de folha são os componentes determinantes da RAF. Após os 45DAE a AFE se reduziu de forma menos acentuada que nas demais doses de modo que a ausência de adubação apresentou maior AFE na última amostragem em P1. Essa redução menos acentuada deve-se a maior retenção de folhas durante a fase reprodutiva devido ao atraso na senescência foliar em casos de menor disponibilidade de P no solo, conforme verificado no índice de área foliar. Em P2 a maior dose de P aplicada no solo resultou em menor AFE.

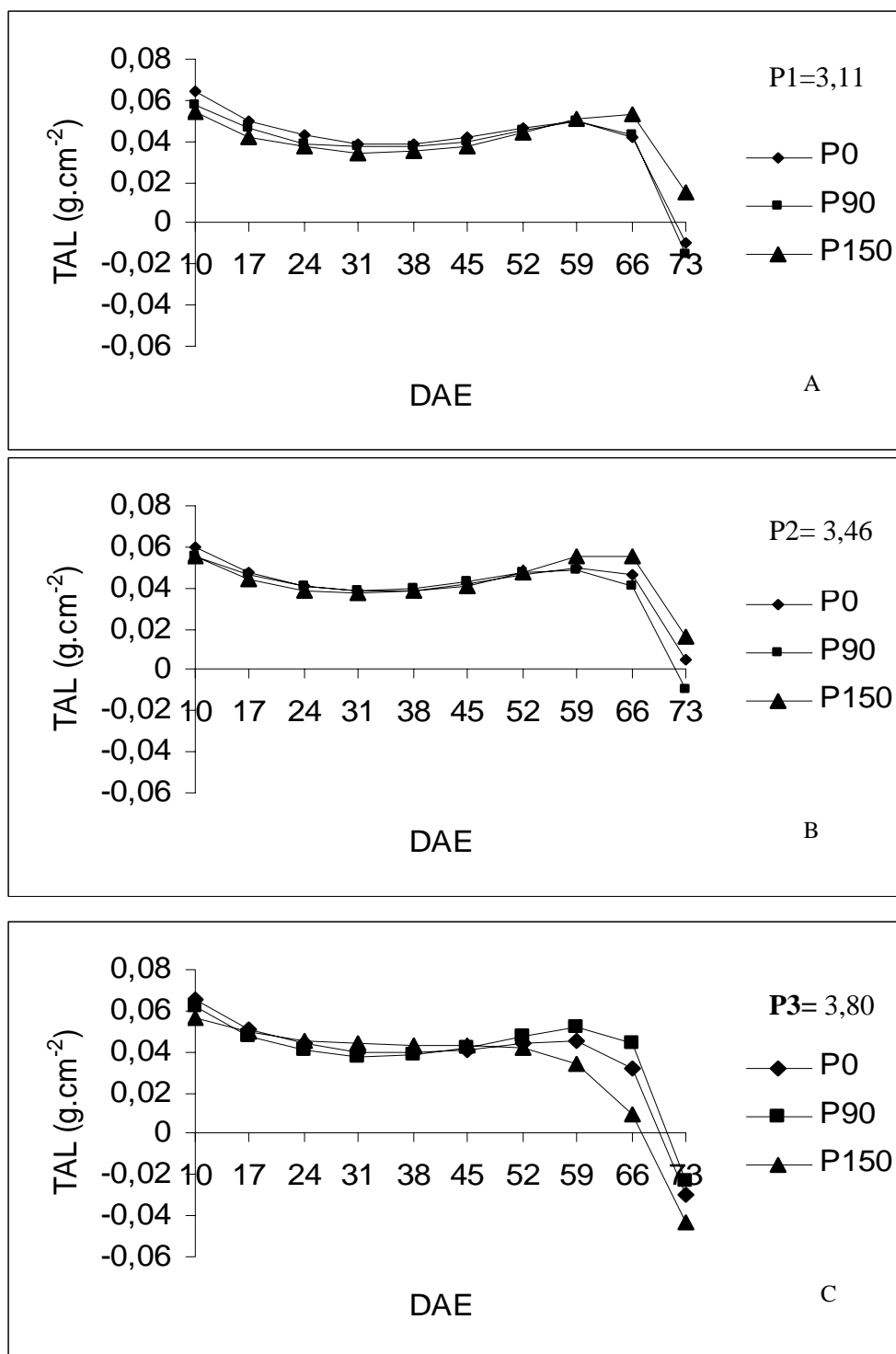


FIGURA 43: Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

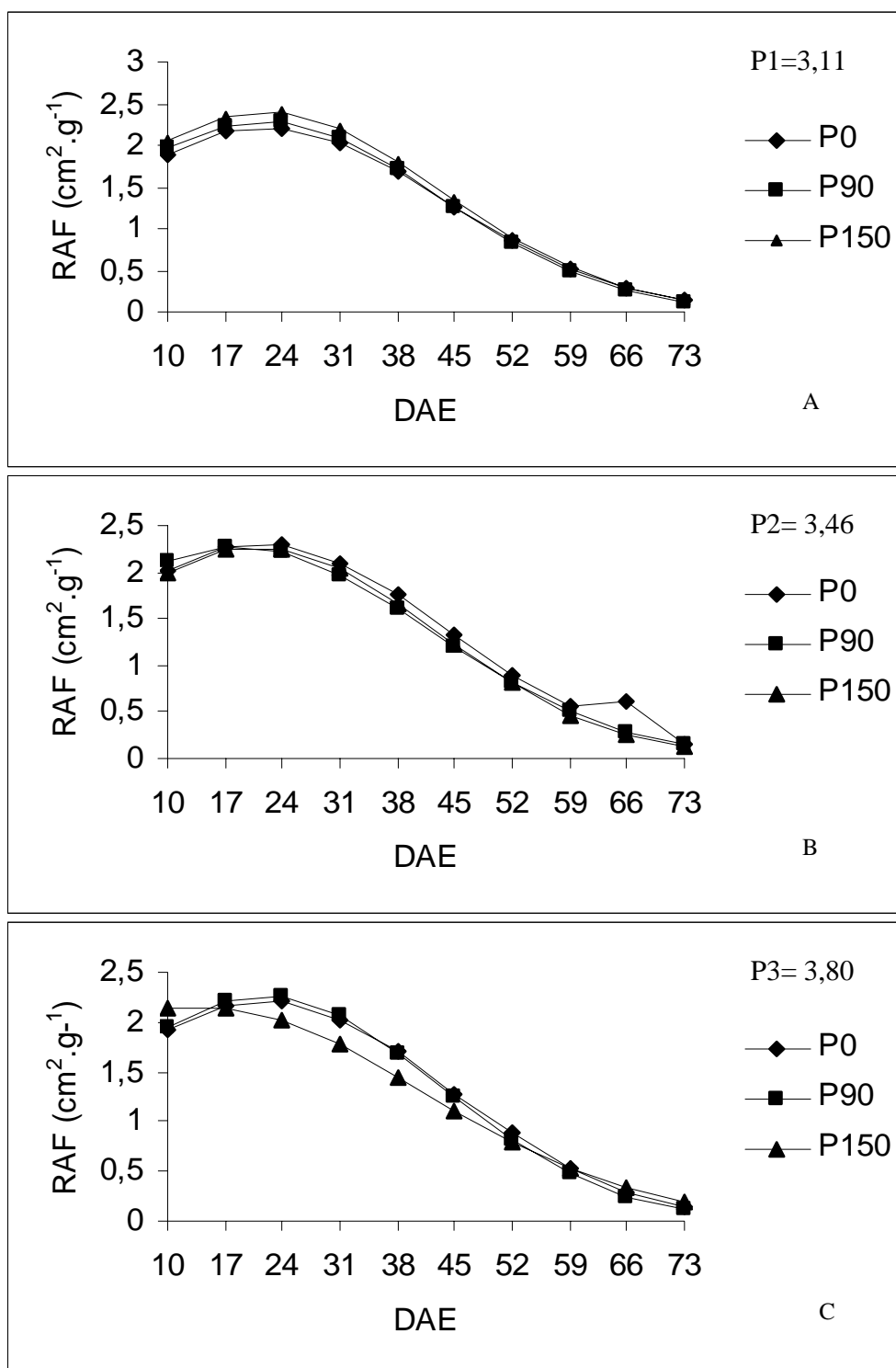


FIGURA 44: Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

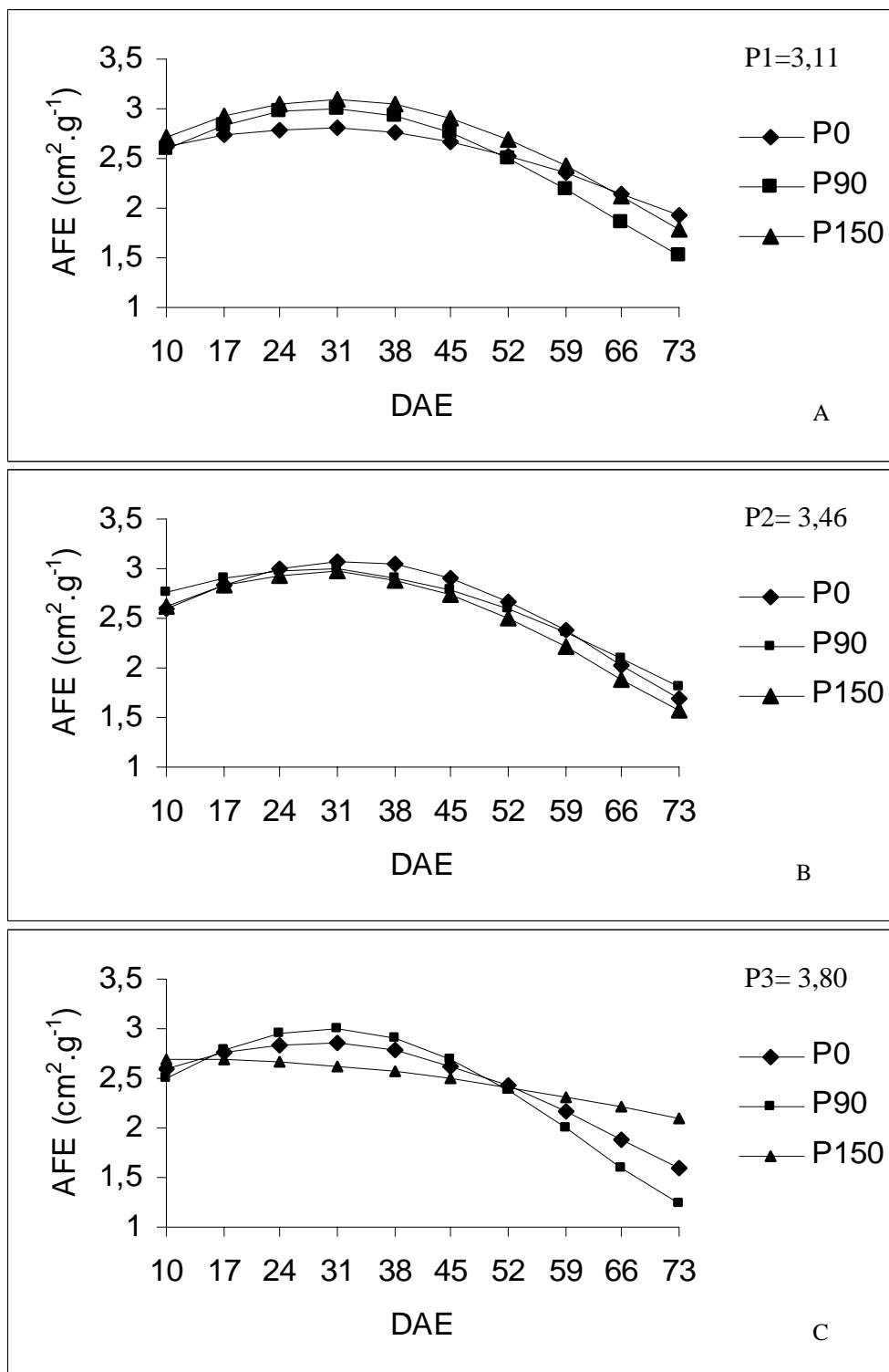


FIGURA 45: Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

A razão de massa de folha (RMF) foi significativamente alterada pelo teor de P na semente apenas aos 45DAE (Quadro18), com menor valor para plantas provenientes de sementes com teor de P intermediário (P2). Com relação as doses de P aplicadas no solo foram constatadas efeitos significativos sobre a RMF aos 10, 31 e 52DAE. Aos 10DAE a RMF foi significativamente inferior na ausência de adubação fosfatada. No entanto, aos 31DAE a menor dose de P resultou em maior RMF diferindo significativamente da maior dose avaliada e, aos 52DAE manteve-se maior, diferindo significativamente da dose de 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esses resultados possivelmente estejam relacionados a aceleração do metabolismo vegetal em razão da maior disponibilidade de P, conforme verificado na TCC (Figura 41), com aumento da formação de estruturas não fotossintéticas e translocação de fotoassimilados das folhas para as vagens e sementes em início de formação, reduzindo o peso das mesmas concomitantemente com o aumento da massa de matéria seca total.

QUADRO 18: Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg⁻¹) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Tratamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73
	Dias Após a Emergência (DAE)									
P na semente	g.g ⁻¹									
P1 (3,11)	0,79	0,77	0,77	0,66	0,64	0,43 a	0,31	0,24	0,17	0,06
P2 (3,46)	0,79	0,77	0,76	0,66	0,66	0,39 b	0,31	0,22	0,19	0,07
P3 (3,80)	0,79	0,78	0,76	0,67	0,63	0,45 a	0,30	0,24	0,20	0,08
P no solo										
0	0,77 b	0,78	0,77	0,68 a	0,64	0,44	0,34 a	0,25	0,18	0,08
90	0,79 a	0,77	0,76	0,67 ab	0,64	0,40	0,29 b	0,24	0,20	0,06
150	0,80 a	0,78	0,77	0,64 b	0,65	0,43	0,30 b	0,21	0,18	0,07
Valor de F										
P semente (Pse)	0,05 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,83 ^{ns}	4,86 ^{**}	0,70 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,37 ^{ns}
P solo (Pso)	13,37 ^{**}	1,08 ^{ns}	1,04 ^{ns}	4,66 [*]	0,20 ^{ns}	3,13 ^{ns}	7,33 ^{**}	3,81 ^{**}	1,17 ^{ns}	0,89 ^{ns}
Pse * Pso	1,32 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,95 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,21 [*]	0,27 ^{ns}	0,92 ^{ns}
CV (%)	1,77	2,52	3,66	4,47	7,47	9,49	12,55	14,17	26,13	34,06

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Interação significativa entre o teor de P da semente e doses de P aplicadas no solo foi constatada apenas aos 59DAE (Quadro19). Na ausência de adubação fosfatada, sementes com teor de P intermediário (P2) resultaram em plantas com menor RMF. Em sementes P1 e P3, plantas provenientes da dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaram menor RMF em relação às cultivadas na ausência de adubação fosfatada.

QUADRO 19: Razão de massa de folha (g g⁻¹) aos 59 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg ⁻¹)	P aplicado no solo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)		
	0	90	150
P1 (3,11)	0,26 a A	0,24 ab A	0,21 b A
P2 (3,46)	0,20 a B	0,25 a A	0,23 a A
P3 (3,80)	0,27 a A	0,24 ab A	0,21 b A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A razão de massa de sementes (RMS) variou significativamente em função das doses de P aplicadas no solo (Quadro 20), com maiores valores para os tratamentos com aplicação de P. O teor de P na semente, assim como a interação entre os fatores não alteraram a RMS. Segundo Brouwer & Flood (1995) os assimilados das sementes são resultados da fotossíntese após a ântese e da remobilização de carboidratos armazenados em outras partes da planta durante o ciclo vegetativo. Assim, esses resultados justificam os obtidos na RMF (Quadro18) aos 52 e 59DAE, onde os tratamentos com aplicação de P no solo apresentaram menores valores médios, indicando antecipação na translocação de fotoassimilados para a semente e uma aceleração no ciclo da planta, de modo que as sementes apresentaram maior massa de matéria seca em relação ao tratamento sem aplicação de P. A senescência, morte e queda das folhas nos tratamentos com maior disponibilidade de P também contribuiu para reduzir a massa de matéria seca total da planta e, conseqüentemente aumentar a RMS.

QUADRO 20: Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g.kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	59	66	73
	Dias Após Emergência (DAE)		
P na semente		g g^{-1}	
P1 (3,11)	0,30	0,47	0,60
P2 (3,46)	0,32	0,43	0,55
P3 (3,80)	0,30	0,41	0,56
P no solo			
0	0,24 b	0,44	0,55
90	0,31 a	0,43	0,57
150	0,36 a	0,45	0,60
Valor de F			
P semente (Pse)	0,31 ^{ns}	2,85 ^{ns}	2,99 ^{ns}
P solo (Pso)	12,14 ^{**}	0,60 ^{ns}	2,17 ^{ns}
Pse * Pso	0,64 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,50 ^{ns}
CV (%)	21,07	15,44	10,54

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

6.2.1.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade

O teor de P na semente alterou o comprimento de vagens (Quadro 21), com valor significativamente menor para vagens das plantas provenientes de sementes com maior teor de P (P3) em relação às originárias das de menor teor (P1). Os demais componentes de produção e produtividade não foram alterados pelo teor de P na semente. Vieira et al. (1987) também não observaram efeitos da origem das sementes sobre o número de vagens/planta, número de sementes/vagem, massa de matéria seca de 100 sementes e produção de sementes quando compararam sementes provenientes de plantas não adubadas com as originadas de plantas adubadas com macronutrientes e com macro+micronutrientes. Ao avaliar o desempenho de sementes de feijão provenientes de diferentes níveis de adubação, Vieira (1986b) verificou que as diferentes origens (plantas não adubadas e superadubadas) não afetam a produção de sementes. Contudo, Silva et al. (2003b) constataram aumento linear no rendimento de sementes do feijoeiro com aumento do teor de P nas sementes, tanto na presença como na ausência de adubação fosfatada, porém avaliaram outra cultivar em solo

com teor de P inicial de $2,9 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja, abaixo dos 5 mg dm^{-3} do solo onde foi conduzido este estudo.

A adubação fosfatada não alterou a altura de inserção da primeira vagem e o comprimento de vagens. Em condições semelhantes de cultivo, Zucareli et al. (2003b) também não verificaram efeito de doses de fósforo sobre esses índices fitométricos em feijoeiro cv. IAC Carioca. Contudo, Ramos Júnior (2002) relata valores acima e semelhantes aos obtidos nesse experimento para a altura de inserção da primeira vagem e comprimento de vagens, respectivamente, para essa cultivar nesse mesmo período de cultivo.

O número de vagens por planta variou com as doses de P aplicadas no solo, com valor significativamente menor para o tratamento com ausência de adubação fosfatada em comparação ao com maior dose de P aplicada no solo, confirmando os relatos de Fageria et al. (2003) de que o P participa de vários processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas, influenciando o número de vagens por planta. Efeito favorável da adubação fosfatada sobre o número de vagens por planta também foi verificado por Zucareli et al. (2003b) em feijoeiro cultivar IAC Carioca e por Silva et al. (2003a) em feijão caupi. Segundo Ramalho et al. (1993) o número de vagens por planta é o componente com maior participação na produtividade de sementes do feijoeiro e com maior potencial no processo seletivo. Foram constatadas interações significativas entre os fatores teor de P na semente e doses de P aplicadas no solo para o número de sementes por vagem, para a massa de matéria seca de 100 sementes e para a população final de plantas.

O desdobramento da interação entre os fatores teor de P na semente e doses de P aplicadas no solo para o número de sementes por vagem é apresentado no Quadro 22. Em sementes com menor teor de P (P1) a dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou em maior número de sementes por vagem; em P2 o maior número de sementes por vagem foi obtido nas doses de 90 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , enquanto em P3 não houve diferença entre as doses de P aplicadas com relação a esse parâmetro. Verifica-se neste caso, redução da dependência da disponibilidade de P no solo com o aumento do teor de P na semente. Neste aspecto, Teixeira (1995) relata que sementes de feijão com maior teor de P, quando cultivadas em solos onde foram aplicadas doses crescentes desse elemento, mostraram-se menos dependentes deste nutriente no solo. Na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 o menor teor de P na semente promoveu maior número de sementes por vagem.

QUADRO 21: Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg há^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	AI (cm)	CV (cm)	Vagem/ Planta	Semente/ Vagem	M100 (g)	População (plantas ha^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})
P na semente							
P1 (3,11)	17,03	9,47 a	12,66	4,10	23,29	189200	1236,83
P2 (3,46)	17,64	9,13 ab	11,80	3,85	23,20	188000	1236,90
P3 (3,80)	16,66	8,93 b	12,06	3,74	22,85	195866	1307,30
P no solo							
0	16,84	9,13	10,60 b	3,44	22,43	193066	1067,27 b
90	17,19	9,13	12,73 ab	4,03	23,20	186400	1320,39 a
150	17,29	9,26	13,20 a	4,22	23,72	193600	1393,37 a
Valor de F							
P semente (Pse)	1,82 ^{ns}	3,56*	0,42 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,45 ^{ns}
P solo (Pso)	0,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}	4,10*	10,85**	3,74*	0,46 ^{ns}	25,71**
Pse * Pso	2,01 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,10 ^{ns}	2,77*	2,66*	3,04*	0,26 ^{ns}
CV (%)	8,28	6,02	21,75	12,26	5,64	11,96	10,37

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

QUADRO 22: Número de sementes por vagem em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg^{-1})	P aplicado no solo (kg há^{-1} de P_2O_5)		
	0	90	150
P1 (3,11)	3,54 b A	3,90 b A	4,86 a A
P2 (3,46)	3,34 b A	4,24 a A	3,96 ab B
P3 (3,80)	3,44 a A	3,94 a A	3,84 a B

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No Quadro 23 é apresentado o desdobramento da interação entre os fatores estudados para a massa de matéria seca de sementes. A dose de 150kg há^{-1} de P_2O_5 resultou em maior massa de matéria seca em sementes com teor de P intermediário em relação à ausência de adubação fosfatada. Vieira (1986a) também obteve sementes com maior massa

de matéria seca em plantas cultivadas em solo com altos teores de P. O efeito favorável da adubação fosfatada sobre a massa de matéria seca de sementes de feijão foi também obtido por Vidal & Junqueira Neto (1982) para as cultivares Carioca e Jalo. Plantas originadas de sementes com teor de P intermediário (P2) produziram sementes com menor massa de matéria seca na ausência de adubação fosfatada em relação as originadas de sementes com menor e maior teor (P1 e P3).

QUADRO 23: Massa de 100 sementes em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg ⁻¹)	P aplicado no solo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)		
	0	90	150
P1 (3,11)	23,62 a A	22,68 a A	23,58 a A
P2 (3,46)	21,58 b B	23,44 ab A	24,58 a A
P3 (3,80)	22,08 a AB	23,48 a A	23,00 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação entre os fatores para a população final de plantas é apresentado no Quadro 24. Em sementes com teor de P intermediário a população final de plantas foi significativamente menor na ausência de adubação fosfatada em relação a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅. Na ausência de adubação fosfatada as sementes P2 resultaram em menor população de plantas que sementes P3. Confirmando esses resultados, Vieira et al. (1987) também obtiveram menor população final de plantas de feijoeiro em tratamentos não adubados quando comparados aos adubados com macronutrientes e com macro + micronutrientes; porém, observaram em experimento subsequente, que sementes provenientes de plantas não adubadas resultaram em menor população final de plantas. Independentemente dos tratamentos, a população de plantas ficou aquém da almejada (240.000 plantas há⁻¹) na implantação do experimento, demonstrando a ocorrência de falhas na germinação ou de perdas de plantas durante o ciclo da cultura. Contudo, as possíveis falhas na germinação não se devem a qualidade fisiológica das sementes, pois como pode ser observado no Quadro 6, não havia diferença entre as mesmas nesse aspecto.

QUADRO 24: População de plantas em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg ⁻¹)	P aplicado no solo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)		
	0	90	150
P1 (3,11)	198000 a AB	189600 a A	180000 a A
P2 (3,46)	168800 b B	190000 ab A	205200 a A
P3 (3,80)	212400 a A	179600 a A	195600 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação significativa entre os fatores com relação a produtividade de sementes (Quadro 21). No entanto, a aplicação de P no solo proporcionou maior produtividade de sementes, independentemente da dose avaliada, evidenciando a resposta do feijoeiro a adubação fosfatada conforme observado também por outros autores (VIDAL & JUNQUEIRA Neto, 1982, OLIVEIRA et al., 1987, FAGERIA, 1989 e SILVA & VAHL, 2002). A maior produtividade obtida em solo adubado deve-se ao aumento no número de vagens por planta, no número de sementes por vagem e na massa de matéria seca de 100 sementes, proporcionado pela adubação fosfatada. Segundo Costa et al. (1983) os efeitos sobre os componentes de rendimentos nem sempre afeta a produtividade, pois a variação dos mesmos facilita na manutenção de uma estabilidade de rendimento caso um deles seja prejudicado, ou seja, quando um deles é afetado, outro componente faz a compensação, estabilizando a produtividade de sementes. Porém, neste caso, mais que um componente foi beneficiado pela adubação fosfatada contribuindo, conseqüentemente, para elevação da produtividade. Entretanto, a produtividade de sementes ficou aquém da obtida por Ramos Júnior (2002) e também abaixo do potencial de 2500kg ha⁻¹ descritos por Vasconcellos & Vechi (2005), para a cultivar no período das águas. A população de plantas menor que a recomendada (Quadro 24) certamente contribuiu para essa menor produtividade. Porém, além das características genéticas a produtividade depende também das condições ambientais durante o cultivo e das técnicas culturais empregadas.

6.2.2. Carioca Precoce produzido no período da seca

6.2.2.1. Análise de Crescimento

a) Índices biométricos

No Quadro 25 são apresentadas as massas de matéria seca do feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo. Assim como observado no período das águas, não houve efeito significativo do teor de P na semente e da interação entre os fatores avaliados sobre a massa de matéria seca das plantas, independentemente do período de amostragem. Entretanto, o efeito do teor de P nas sementes sobre a massa de matéria seca das plantas é relatada em estudos com outras culturas como tremoço (THOMSON et al., 1991), cevada (ZHANG et al., 1990) e soja (BRITOS, 1985) e também em feijão cultivado em condições de casa de vegetação (ARAÚJO et al., 2002). Neste caso, mesmo em sementes com baixo teor de P (P1) o teor inicial de P do solo foi suficiente para suprir a demanda e promover o desenvolvimento da planta, sem dependência das reservas da semente, pois segundo Trigo et al. (1997) o teor de P nas sementes é relevante para o estabelecimento das plantas principalmente em solos com menor disponibilidade de P. À exceção dos 59DAE, as doses de P aplicadas no solo alteraram a massa de matéria seca das plantas em todas as demais amostragens. A ausência de adubação fosfatada resultou em plantas com menor massa de matéria seca até os 45DAE e, aos 52 e 66DAE continuou apresentando os menores valores, porém não diferindo significativamente da dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅. Fageria (1998) também constatou aumento na massa de matéria seca da parte aérea de cultivares de feijoeiro com o aumento de níveis de P no solo. O atraso na brotação, na emissão de folhas e no acúmulo de massa de matéria seca são descritos também por Grant et al. (2001) como sintomas da deficiência de P.

QUADRO 25: Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)								
	10	17	24	31	38	45	52	59	66
P na semente	g planta^{-1}								
P1 (2,55)	0,30	0,80	1,61	3,46	5,24	7,41	8,64	11,53	9,24
P2 (3,61)	0,31	0,82	1,55	3,35	5,38	8,41	9,29	11,20	9,69
P3 (4,10)	0,31	0,87	1,85	3,23	5,48	8,02	8,50	11,30	9,28
P no solo									
0	0,22 b	0,50 c	1,06 b	2,19 b	3,84 b	5,81 b	7,54 b	9,89	7,78 b
90	0,34 a	0,92 b	1,85 a	3,64 a	6,08 a	8,97 a	9,16 ab	11,10	9,69 ab
150	0,35 a	1,07 a	2,08 a	4,20 a	6,18 a	9,06 a	9,72 a	13,03	10,73 a
Valor de F									
P semente (Pse)	0,12 ^{ns}	1,78 ^{ns}	2,27 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}
P solo (Pso)	24,49 ^{**}	112,26 ^{**}	26,01 ^{**}	14,91 ^{**}	13,93 ^{**}	10,68 ^{**}	5,35 [*]	3,01 ^{ns}	3,55 [§]
Pse * Pso	1,00 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,43 ^{ns}
CV (%)	17,10	11,54	21,68	27,76	22,91	24,67	19,19	27,95	29,38

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

De modo semelhante ao observado para o cultivo das águas, o índice de área foliar (IAF) do feijoeiro Carioca Precoce produzido no período da seca não foi alterado significativamente pelo teor de P na semente e pela interação deste fator com a aplicação de doses de P no solo (Quadro 26). Entretanto, Grant et al. (2001) observaram que plântulas de trigo provenientes de sementes com maior teor de P apresentavam maior crescimento inicial, maior número de folhas e maior área foliar comparado às oriundas de sementes com menor teor, contudo não mencionam a idade das plântulas avaliadas. O teor de P na semente tem efeito principalmente sobre o desenvolvimento inicial das plântulas e, geralmente em solos com baixo teor de P (Trigo et al. 1997). Assim, em razão do período decorrido até a primeira amostragem e do P disponível no solo, mesmo na ausência de adubação fosfatada, pode não ter sido possível a detecção dos efeitos do teor de P na semente sobre o índice de área foliar e a massa de matéria seca das plântulas (Quadro 25).

O IAF foi maior nos tratamentos com aplicação de P em todas as amostragens realizadas até os 52DAE. Aos 59 e 66DAE não houve efeito das doses de P sobre o índice de área foliar. Segundo Silva et al. (2003b) a aplicação de 72 kg ha^{-1} de P_2O_5 mais que duplicou o índice de área foliar do feijoeiro BR-FEPAGRO 44 – Guapo Brillhante mensurado por ocasião do florescimento em relação a ausência de adubação em solo com teor inicial de P

de 2,9g kg⁻¹. O suprimento limitado afeta o crescimento do feijoeiro principalmente pela diminuição do aparecimento de folhas (RODRIGUEZ et al., 1998 e ARAÚJO & TEIXEIRA, 2000), justificando assim, as maiores áreas foliares obtidas com a aplicação de P em relação a ausência de adubação. Entretanto, segundo Lima et al. (2002) a redução na formação de folhas é parcialmente compensada pela planta pelo atraso na senescência foliar, onde suprimentos elevados de P causam estímulo à produção de folhas, mas aumentam a senescência foliar, indicando uma aceleração do metabolismo vegetal. Esses relatos justificam a ausência de diferenças significativas entre as doses avaliadas a partir dos 59DAE, pois a aplicação de P promoveu aceleração do ciclo, antecipando a morte e queda das folhas, enquanto na ausência de adubação fosfatada as plantas produziram menos folhas, porém estas foram mantidas por um período maior, fazendo com que o índice de área foliar entre os mesmos fossem iguais. Resultados semelhantes foram observados também no cultivo das águas, entretanto sem diferenças significativas entre os tratamentos já a partir dos 52DAE.

QUADRO 26: Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg⁻¹) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Treatamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66
	Dias Após a Emergência (DAE)								
P na semente	cm ² planta ⁻¹								
P1 (2,55)	68,16	132,11	313,03	614,25	747,50	794,74	565,28	331,21	153,68
P2 (3,61)	70,76	136,23	302,51	580,92	789,02	847,69	533,96	344,35	136,22
P3 (4,10)	72,66	143,83	343,98	566,29	784,07	754,27	509,32	323,96	142,59
P no solo									
0	49,53 b	84,61 c	214,98 b	392,33 b	582,05 b	582,74 b	466,33 b	276,41	113,84
90	78,78 a	150,80 b	342,22 a	620,65 a	800,10 a	904,64 a	529,29 ab	320,82	188,98
150	83,28 a	176,77 a	402,34 a	748,48 a	938,43 a	909,32 a	612,93 a	402,30	129,66
Valor de F									
P semente (Pse)	0,42 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,14 ^{ns}
P solo (Pso)	27,93 ^{**}	104,60 ^{**}	23,78 ^{**}	11,82 ^{**}	10,58 ^{**}	9,80 ^{**}	4,14 [*]	0,38 ^{ns}	2,98 ^{ns}
Pse * Pso	0,27 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,22 ^{ns}
CV (%)	17,03	11,71	21,45	30,96	24,73	25,93	23,33	43,04	55,06

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

b) Índices Fisiológicos

As taxas de crescimento da cultura (TCC) do feijoeiro Carioca Precoce produzido no período da seca em função do teor de P na semente e doses de P aplicadas no solo são apresentadas na Figura 45. A taxa de crescimento da cultura aumentou até os 38DAE, quando a cultura atingiu máxima velocidade de crescimento, exceto para a ausência de adubação fosfatada em P1 e P2 e para a dose de 90 ha⁻¹ de P₂O₅ em P3, onde a máxima velocidade foi atingida aos 45DAE. Após atingir o ponto de máximo a taxa de crescimento foi reduzida continuamente até atingir valores negativos nas últimas amostragens. Segundo Brown (1984) a máxima TCC é obtida por ocasião dos primeiros estádios de frutificação, seguindo-se de decréscimo com a maturação das plantas devido a paralisação do crescimento vegetativo, senescência e perda das folhas.

Independentemente do teor de P na semente, a ausência de adubação fosfatada resultou em menor TCC até os 45DAE. Contudo após esse período a redução da TCC na ausência de adubação foi menos acentuada com relação aos tratamentos com aplicação de P, mantendo-se maior que a observada com a aplicação de 90 e 150 ha⁻¹ de P₂O₅ em P1 e P2 e com 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P3. Considerando que a baixa disponibilidade de P reduz o número de folhas (Lynch et al., 1991) e, conseqüentemente a área foliar, a menor TCC na ausência de adubação deve-se a menor produção de fotoassimilados que por sua vez limita a produção de massa de matéria seca pela planta, como pode ser constatado no Quadro 25. A maior velocidade de crescimento observada na ausência de adubação após os 45DAE em relação aos tratamentos com aplicação de P é justificada pelo atraso na senescência e queda das folhas e prolongamento ciclo da cultura em casos de baixa disponibilidade de P (Lima et al., 2002).

As taxas de crescimento relativo (TCR) foram continuamente reduzidas com o decorrer do ciclo da cultura, independentemente do teor de P na semente e da dose de P aplicada no solo (Figura 46). Assim como no período das águas, a maior TCR foi obtida aos 10DAE, atingindo valores negativos na última amostragem (66DAE). Comportamento semelhante nas curvas de TCR foi obtido também por Rossetto & Nakagawa (2001) em aveia-preta e Urchei et al. (2000) em feijoeiro. Segundo Rodrigues (1992) o decréscimo contínuo da TCR é resultado do aumento da massa de matéria seca da planta

ocasionada pelo aumento de componentes estruturais da planta que não contribuem para o crescimento por não serem fotossinteticamente ativos. Brown (1984) atribui, ainda, esse comportamento ao auto sombreamento e ao aumento da idade das folhas da base da planta. Os valores negativos obtidos no final do ciclo da planta é resultado da morte de gemas, senescência e queda das folhas.

As doses de P aplicadas no solo resultaram em TCR semelhantes durante o ciclo da cultura. Em P1, observa-se, entretanto, menor TCR na ausência de adubação fosfatada em relação aos tratamentos com adubação até os 17DAE, contudo, após esse período passa a apresentar maiores taxas até o final do ciclo da cultura. Comportamento semelhante é observado em P2, porém com menor TCR para a ausência de adubação somente até os 10DAE. Em P3, independentemente da amostragem, a TCR foi reduzida com o acréscimo nas doses de P. Segundo Rossetto et al. (2002) o teor de P na semente de soja é importante na fase inicial de crescimento das plantas quando o sistema radicular está pouco desenvolvido para o suprimento adequando da planta com esses nutrientes. Neste aspecto, nota-se que com aumento do teor de P na semente ocorreu uma antecipação do ponto onde a ausência de adubação fosfatada passou a apresentar maior TCR em relação aos tratamentos com aplicação de P. Esse atraso no período para atingir maior TCR com a redução do teor de P da semente justifica as maiores diferenças nas curvas da TCC observadas em P1 e P2 entre o tratamento sem adubação em relação aos adubados. O maior crescimento e, conseqüentemente, maior área foliar do feijoeiro no início do desenvolvimento da planta, provenientes de sementes com alto teor de P, pode provocar efeitos cumulativos nas taxas de crescimento posteriores mesmo com TCR superiores (ARAÚJO et al. 2002). Dessa forma, a disponibilidade de P impulsionou o crescimento inicial de modo que, mesmo com TCR superiores após determinado período do ciclo, a ausência de adubação continuou apresentando plantas com menor massa de matéria seca até o final do ciclo (Quadro 25).

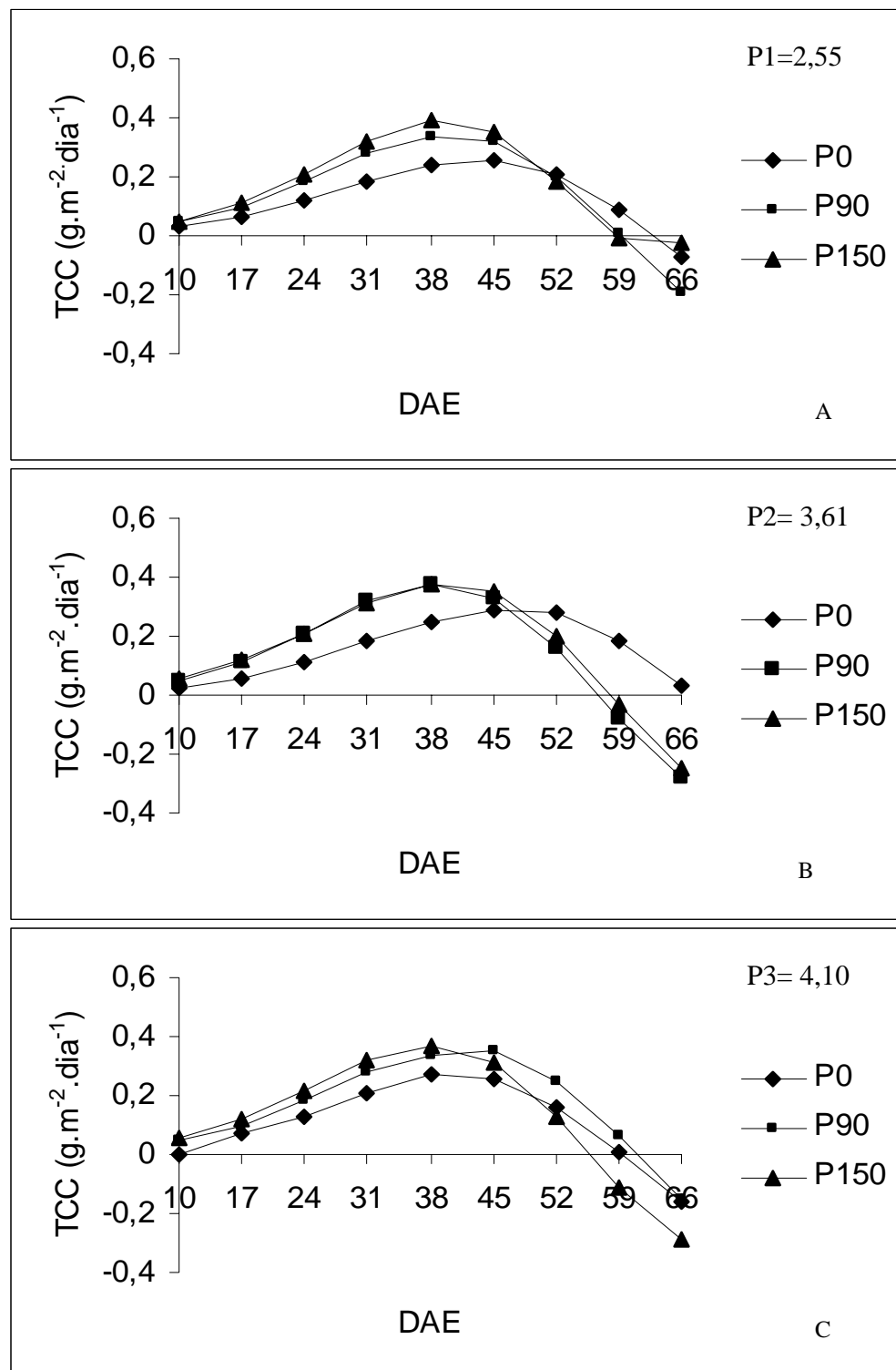


FIGURA 46: Taxa de Crescimento da cultura em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

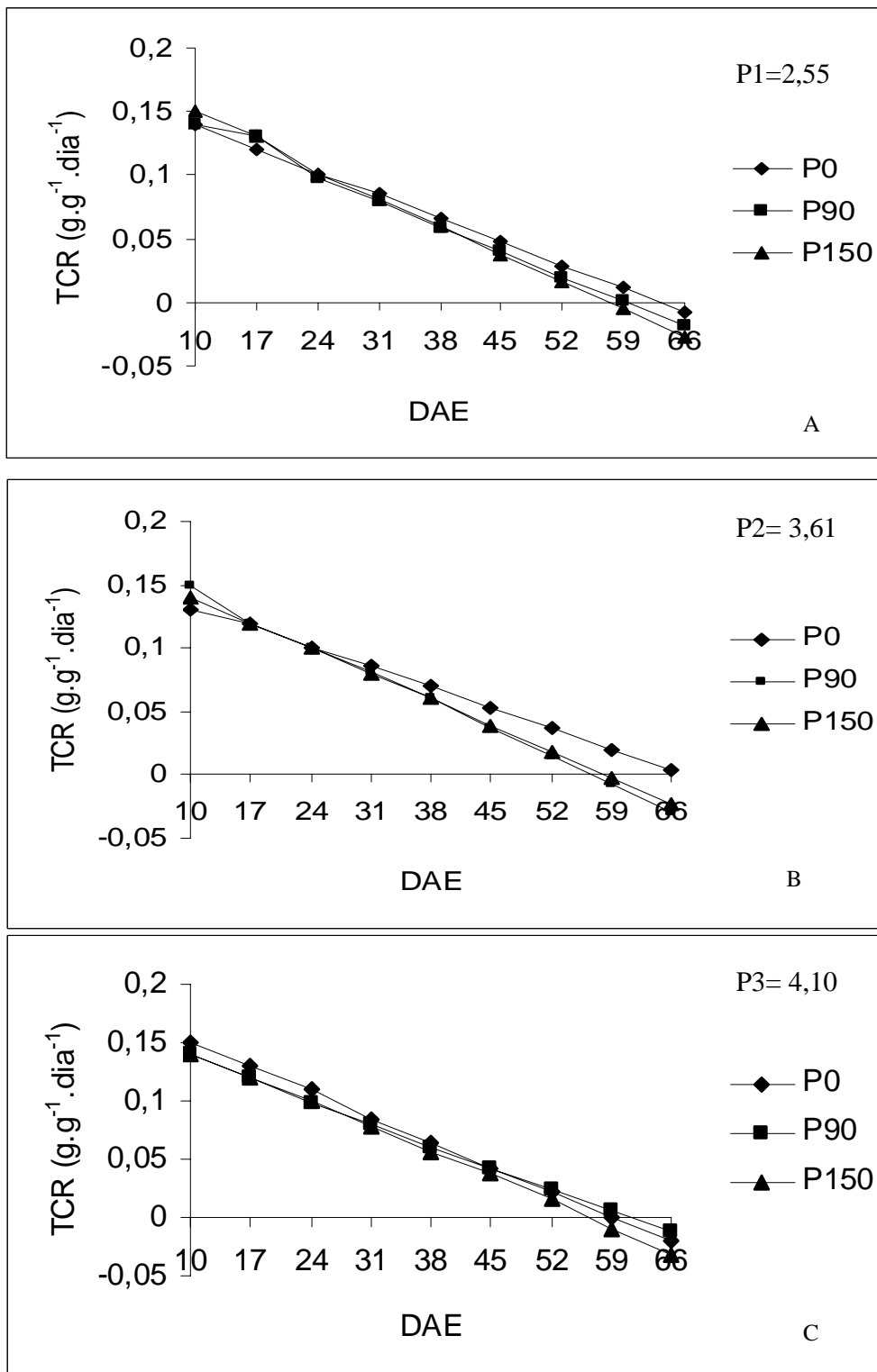


FIGURA 47: Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

As curvas das taxas de Assimilação líquida (TAL) seguiram comportamento semelhantes independentemente do teor de P na semente e das doses de P aplicadas no solo (Figura 48). Segundo Rossetto & Nakagawa (2001) há controvérsias quanto ao comportamento da TAL, pois alguns trabalhos relatam aumento da TAL até uma determinada idade da planta, como observado para essa cultivar no período das águas, enquanto em outros não há variação da taxa durante o ciclo. Os tratamentos demonstraram decréscimos contínuos na TAL durante todo o ciclo da planta, porém mais acentuados a partir dos 52DAE, exceto para a ausência de adubação fosfatada em P2, onde ocorreu elevação da taxa dos 45 aos 59DAE. Após os 59DAE alguns tratamentos já demonstraram TAL negativa, justificada pela senescência, morte e queda das folhas e partes fotossinteticamente ativas da planta e aumento da atividade respiratória (BROWN, 1984 e URCHEI et al., 2000).

A dose de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou em menor TAL em P1 e P3, com diferenças mais acentuadas em relação aos demais tratamentos a partir dos 45DAE (Figura 48). Em P2 as doses de P demonstraram taxas semelhantes até os 38DAE, posteriormente, a ausência de adubação fosfatada se destacou com maior TAL até o final do ciclo da cultura. A TAL é um dos componentes para determinação da TCR (BENINCASA, 2003), justificando, em parte, a menor TCR obtida pela maior dose de P aplicada no solo em P1 e P3 e também a maior TCR apresentada pela ausência de adubação fosfatada em P2. Verifica-se que independentemente da dose de P, as TAL foram muito semelhantes principalmente durante o ciclo vegetativo, dando suporte aos relatos de Lynch et al. (2001) que afirma que o crescimento do feijoeiro é afetado pela disponibilidade de P principalmente pela redução do número de folhas e da área foliar, mais do que por efeitos diretos na fotossíntese. A TAL representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e o perdido pela atividade respiratória, ou seja, a matéria seca produzida por unidade de área foliar por unidade de tempo (BENINCASA, 2003). Assim, com TAL semelhantes, pode-se inferir que a maior TCC obtida com aplicação de P é resultado do aumento do índice de área foliar, como pode ser constatado no Quadro 26, resultando em maior interceptação e fixação de energia luminosa, maior assimilação de C e, conseqüentemente maior acúmulo de massa de matéria seca (Quadro25).

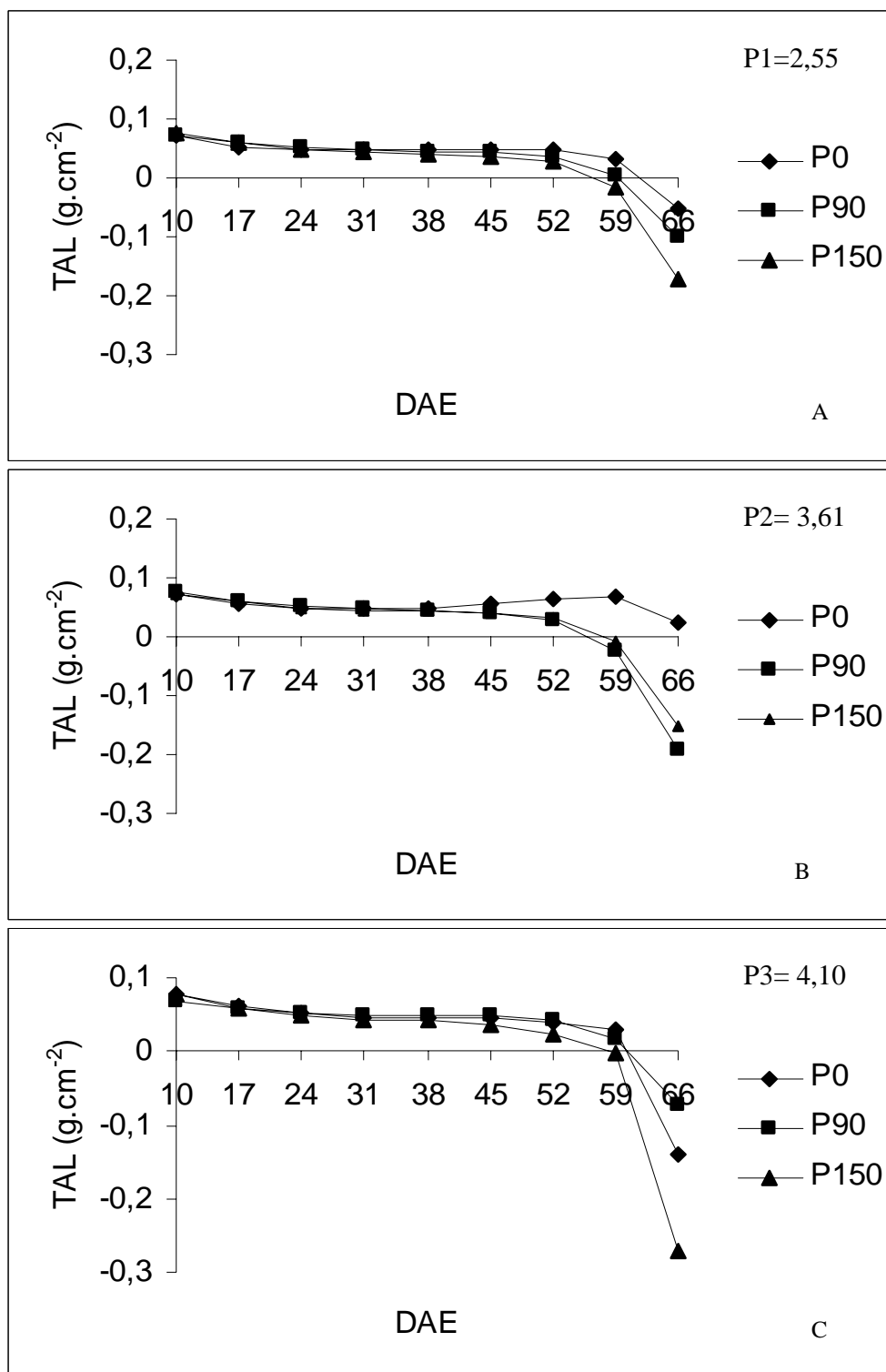


FIGURA 48: Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Na Figura 49 são apresentadas as razões de área foliar (RAF) do feijoeiro Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de P na semente e doses de P aplicadas no solo. Verifica-se comportamento semelhante das curvas para todos os tratamentos com acréscimos da RAF até os 17 a 24DAE e decréscimos sucessivos da mesma até o final do ciclo da planta. Comportamento semelhantes da RAF foi observado também por Urchei et al. (2000) ao avaliar o crescimento de feijoeiro. O declínio da RAF com o avanço do ciclo da planta deve-se ao auto-sombreamento (BENINCASA, 2003) e a formação de tecidos e estruturas não assimilatórias como flores, vagens e sementes, que contribuem para o aumento da massa de matéria seca total (Urchei et al., 2000). A dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em menor RAF dos 17 aos 45DAE em P1 e dos 24 aos 38DAE em P3.

As curvas referentes a área foliar específica (AFE) decresceram continuamente durante o ciclo da planta, exceto para a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅, que demonstrou aumento da AFE até os 24DAE em plantas provenientes de sementes com baixo teor de P (Figura 50). O aumento desse índice no início do ciclo está relacionado as alterações morfológicas ocasionadas pela expansão foliar (ROSSETTO & NAKAGAWA, 2001). Considerando que a AFE representa o espessamento da folha (BENINCASA, 2003) a redução do índice indica o acúmulo de fotoassimilados pelas folhas para posterior translocação à outros órgãos da planta. Com início da fase reprodutiva ocorre a translocação dos fotoassimilados das folhas, principalmente para as vagens e sementes, assim, a tendência seria o aumento da AFE devido à redução do espessamento da folha, todavia, a redução do índice é continua em função da senescência, morte e queda das folhas.

Em P1 e P2 a dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou menor AFE dos 17 aos 52DAE, justificando os resultados verificados para a RAF pois a AFE juntamente com a razão de massa de folha são os componentes determinantes da RAF (BENINCASA, 2003). De modo semelhante, a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu maior AFE em P1 dos 24 aos 52DAE, efeito também constatado na RAF. A ausência de adubação fosfatada promoveu maior AFE até os 17 e 38DAE em P1 e P3, respectivamente. Segundo Rodriguez et al. (1998) o baixo suprimento de P além de reduzir o numero de folhas, limita a expansão foliar, que neste caso pode ser responsável pela maior AFE na ausência de adubação.

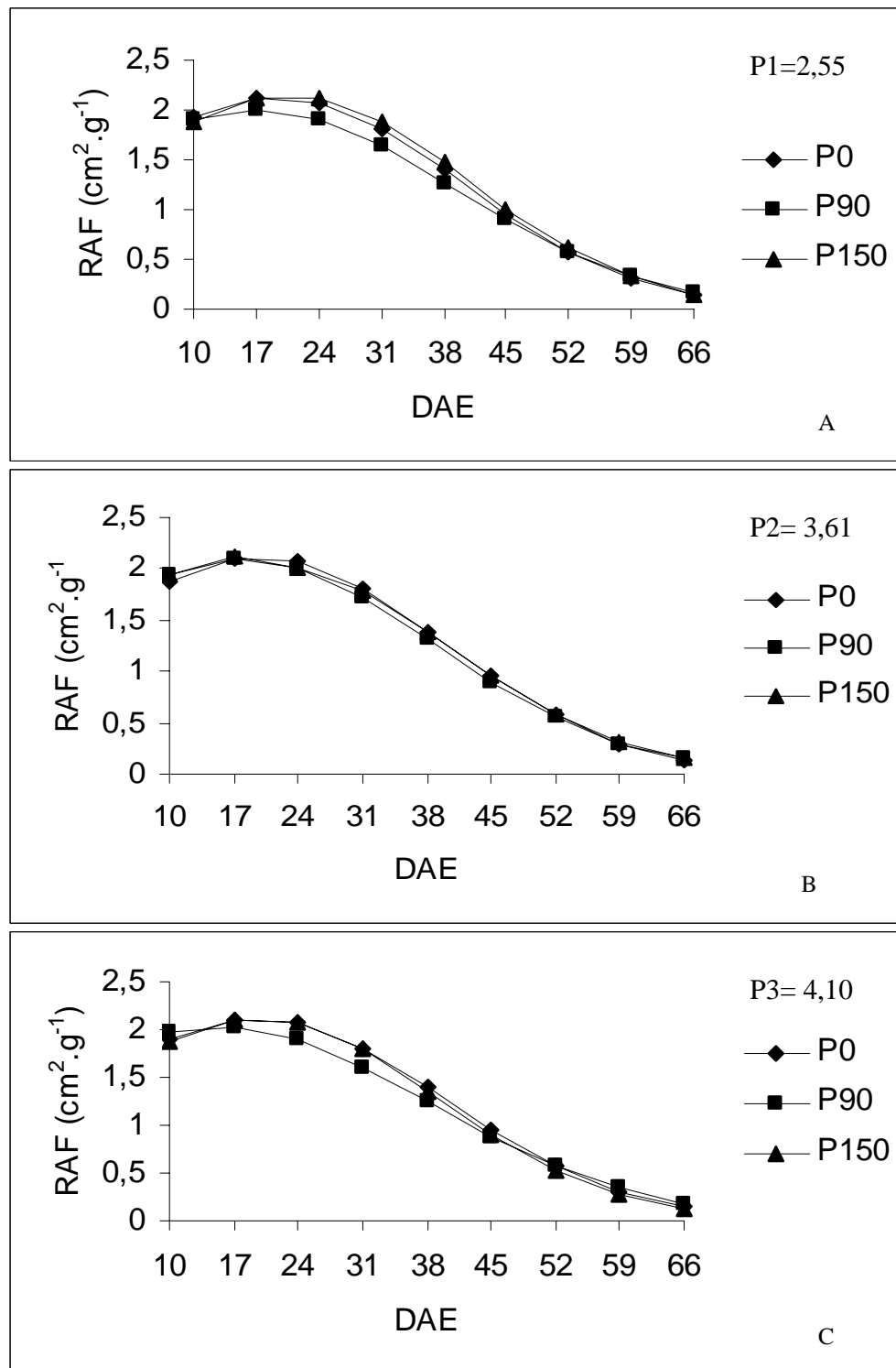


FIGURA 49: Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

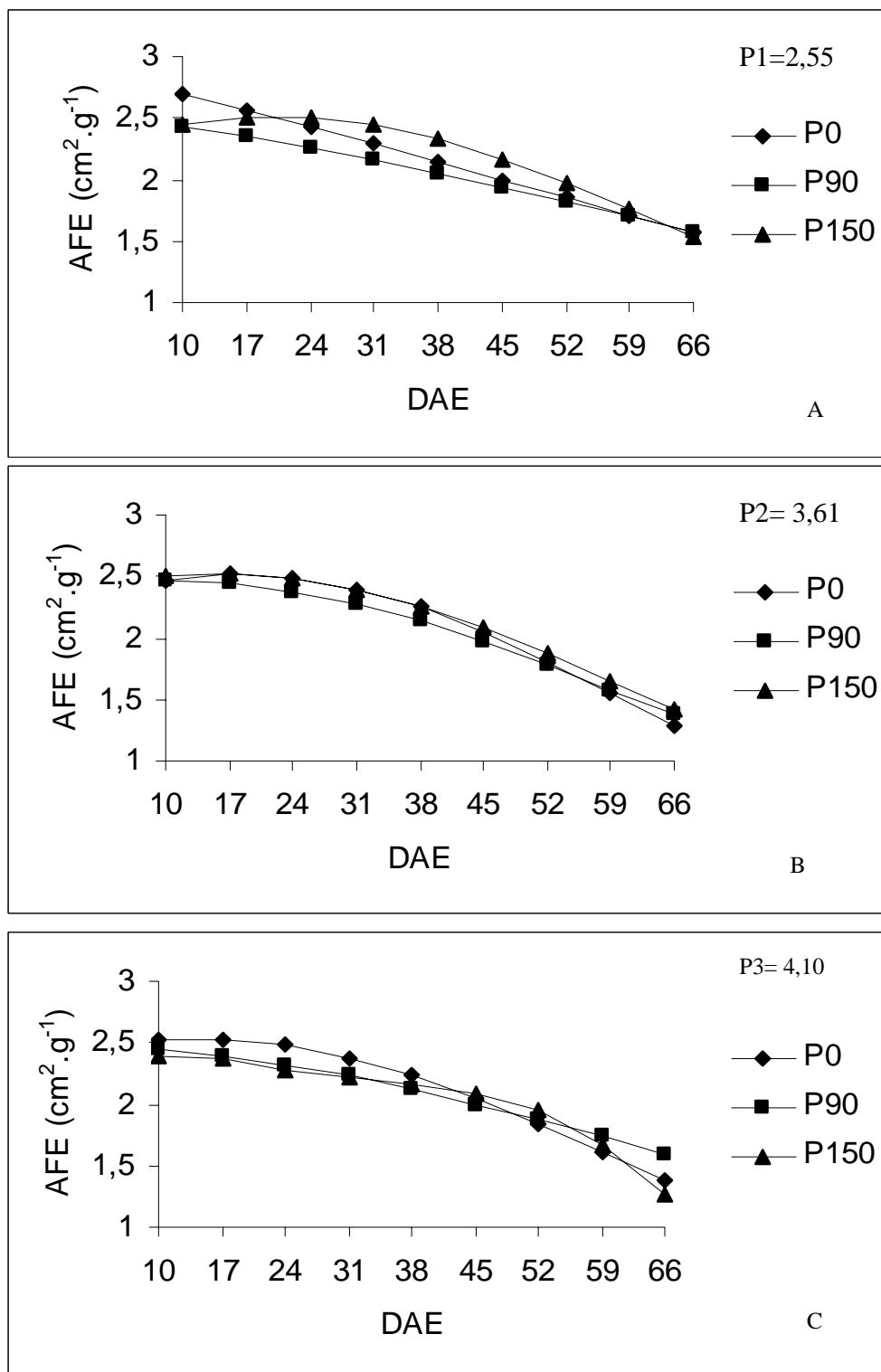


FIGURA 50: Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar Carioca Precoce produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Em todas as datas de amostragem, a razão de massa de folha (RMF) não foi alterada de forma significativa pela interação entre os fatores avaliados (Quadro 27). O teor de P na semente alterou a RMF apenas aos 17DAE, com menor valor para plantas provenientes de sementes com menor teor de P (P1). As doses de P aplicadas no solo influenciaram a RMF aos 10 e 17DAE, com valores significativamente maiores nos tratamentos com aplicação de P. Esses resultados confirmam a importância do fornecimento do P, seja via semente ou via solo, no desenvolvimento inicial do feijoeiro, conforme relatado por Grant et al. (2001). A maior RMF nos tratamentos com adubação fosfatada deve-se ao estímulo inicial promovido pelo P no desenvolvimento do feijoeiro, principalmente pelo aumento do número de folhas (LYNCH et al., 1991) e também pela antecipação no acúmulo de reservas nas mesmas para posterior translocação em relação a plantas com menor disponibilidade de P. Segundo Benincasa (2003), a RMF representa a fração da massa de matéria seca não exportada da folha para o resto da planta e, a medida que a planta cresce, menor é a fração de material retido na folha. Assim, verifica-se que após os 24ADE nem o teor de P da semente nem as doses de P aplicadas no solo interferiram na eficiência de translocação do material produzido na folha para o resto da planta.

QUADRO 27: Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66
	Dias Após a Emergência (DAE)								
P na semente	g g^{-1}								
P1 (2,55)	0,82	0,80 b	0,77	0,75	0,64	0,49	0,36	0,18	0,10
P2 (3,61)	0,82	0,81 a	0,77	0,76	0,64	0,47	0,33	0,18	0,11
P3 (4,10)	0,83	0,81 a	0,77	0,75	0,62	0,47	0,35	0,18	0,10
P no solo									
0	0,80 b	0,79 b	0,76	0,76	0,65	0,48	0,36	0,18	0,10
90	0,84 a	0,81 a	0,78	0,75	0,61	0,47	0,35	0,17	0,11
150	0,84 a	0,81 a	0,77	0,74	0,64	0,48	0,33	0,19	0,09
Valor de F									
P semente (Pse)	0,97 ^{ns}	5,02 [*]	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}
P solo (Pso)	42,71 ^{**}	8,01 ^{**}	1,14 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Pse * Pso	0,30 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,10 ^{ns}
CV (%)	1,50	1,30	4,15	4,06	7,94	10,05	15,91	26,37	46,96

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

No Quadro 28 são apresentadas as razões de massa de sementes de feijoeiro cv. Carioca Precoce em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo. Independentemente da época de avaliação, não foram constatados efeitos significativos na RMS tanto para os fatores isolados quanto para a interação dos mesmos. A massa de matéria seca das sementes é resultado da fotossíntese realizada após a ântese e da remobilização de fotoassimilados acumulados durante a fase vegetativa (BROUWER & FLOOD, 1995). Assim, embora a adubação fosfatada tenha beneficiado a massa de matéria seca total (Quadro 25) e o índice de área foliar (Quadro 26), esses efeitos não se refletiram na eficiência de translocação e acúmulo de reservas na semente. A massa de matéria seca da parte aérea é uma das características da planta mais importantes no aumento da produtividade (FAGERIA et al. 2003). Assim, os efeitos benéficos do P podem estar relacionados ao número de sementes produzidas, ou seja, com aumentos na massa de matéria seca de sementes proporcionais aos acréscimos observados na massa de matéria seca total, de modo que a RMS não foi alterada.

QUADRO 28: Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	Dias Após Emergência		
	52	59	66
P na semente		g g^{-1}	
P1 (2,55)	0,04	0,29	0,45
P2 (3,61)	0,05	0,28	0,47
P3 (4,10)	0,06	0,30	0,49
P no solo			
0	0,04	0,31	0,47
90	0,05	0,28	0,48
150	0,06	0,27	0,45
Valor de F			
P semente (Pse)	0,59 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,67 ^{ns}
P solo (Pso)	0,61 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Pse * Pso	0,22 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,72 ^{ns}
CV (%)	63,22	28,75	18,40

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

6.2.2.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade

A altura de inserção da primeira vagem aumentou com a aplicação de P, com valor significativamente maior na dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação a ausência de adubação fosfatada (Quadro 29). Os valores de altura de inserção da primeira vagem obtidos são maiores que o valor (11,6cm) reportado por Ramos Júnior (2002) para essa cultivar, em outras condições de cultivo. A maior altura de inserção da primeira vagem é uma característica desejável, pois facilita os tratos culturais, reduz a ocorrência de doenças, reduz as perdas na colheita e favorece a obtenção de sementes de melhor qualidade sanitária e comercial, principalmente em casos de precipitação pluvial por ocasião da colheita (MODA-CIRINO et al., 1989 e COLICCHIO et al., 1997).

QUADRO 29: Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar Carioca Precoce, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg⁻¹) e de doses de P aplicadas no solo (kg há⁻¹ de P₂O₅).

Tratamento	AI (cm)	CV (cm)	Vagem/ Planta	Semente/ Vagem	M100 (g)	Pop (plantas ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
P na semente							
P1 (2,55)	15,06	8,40	6,73	4,36	18,32	215200	982,43
P2 (3,61)	14,87	8,53	6,27	4,42	18,97	227733	1069,84
P3 (4,10)	14,13	8,46	6,26	4,69	18,27	227066	1106,87
P no solo							
0	13,80 b	8,52	5,73	4,33	18,81	216933	928,13
90	14,53 ab	8,53	6,73	4,55	18,38	229066	1127,05
150	15,73 a	8,34	6,80	4,59	18,37	224000	1103,96
Valor de F							
P semente (Pse)	1,61 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,57 ^{ns}
P solo (Pso)	6,35 ^{**}	0,66 ^{ns}	2,73 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,65 ^{ns}
Pse * Pso	0,73 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,44 ^{ns}
CV (%)	10,21	5,96	21,81	13,44	8,57	11,41	31,16

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

À exceção da altura de inserção da primeira vagem, as demais características fitométricas, componentes de produção e produtividade, do feijoeiro Carioca precoce produzido no período da seca, não foram significativamente alteradas pelo teor de P das sementes, pelas doses de P aplicadas no solo e pela interação dos mesmos (Quadro 29). Zucareli et al. (2003b) ao avaliarem o efeito da adubação fosfatada sobre essas mesmas características em feijoeiro IAC Carioca também não obtiveram respostas quanto ao comprimento de vagens, número de sementes por vagem, massa de matéria seca de 100 sementes, população de plantas e produtividade; entretanto observaram aumento do número de vagem por planta com aplicação de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 . A massa de 100 sementes e a produtividade de sementes ficou abaixo do potencial médio de 21gramas e 3000kg ha^{-1} , respectivamente, relatados por Vasconcellos & Vechi (2005).

A resposta da cultura do feijoeiro a adubação fosfatada é relatada por diversos autores (PARRA & MIRANDA, 1980, OLIVEIRA et al., 1987, FAGERIA, 1989, SILVEIRA & MOREIRA, 1990, OLIVEIRA et al., 1996, TEIXEIRA et al., 1996, FAGERIA & SANTOS, 1998, SILVA et al., 2001, SILVA & VAHL, 2002). Entretanto, os genótipos de feijoeiro apresentam comportamento diferenciado com relação a eficiência de utilização de P (FAGERIA, 1998). Assim, em função da diferença varietal quanto a exigência e resposta a adubação fosfatada, Oliveira et al. (1987) recomenda que além da quantidade de fertilizante fosfatado, deve-se considerar também o nível da tecnologia a ser utilizada para se obter o máximo de potencial da cultivar em questão. Apesar de favorecer a massa de matéria seca total e o índice de área foliar da planta durante o ciclo e também a TCC da cultura, a adubação fosfatada não proporcionou incrementos nos componentes de produção e na produtividade de sementes de feijoeiro Carioca Precoce produzido no período da seca. Entretanto, Fageria et al. (2003) relatam dentre as funções do P na planta o aumento no número de vagens e na massa de matéria seca das sementes. Segundo Souza & Lobato (2003) além da disponibilidade de P no solo, a resposta à adubação fosfatada depende de outros fatores como a disponibilidade de outros nutrientes, da espécie ou variedade cultivada e das condições climáticas, justificando as diferenças de comportamento observadas nessa época de cultivo em relação as obtidas para o cultivo no período das águas.

6.2.3. IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas

6.2.3.1 Análise de Crescimento

a) Índices biométricos

As massas de matéria seca total de feijoeiro IAC Carioca Tybatã produzido na época das águas em função do teor de P nas sementes e de doses de P aplicadas no solo são apresentadas no Quadro 30. O teor de P na semente promoveu variações na massa de matéria seca total das plantas nas avaliações realizadas aos 31, 38, 73, 80 e 87DAE. Sementes com maior teor de P (P3) resultaram em plantas com maior massa de matéria seca, não diferindo significativamente de P2 aos 38DAE. Lima et al. (2000) também constataram maior massa de matéria seca da parte aérea em plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de P, porém realizam avaliações somente até os 40DAE em condições de casa de vegetação, com sementes com variação mais ampla na concentração de P. Entretanto, Araújo et al. (2002) observaram aumento na massa de matéria seca em plantas oriundas de sementes com baixo teor de P quando cultivadas em solo adubado, porém em plantas originadas de sementes com alto teor de P os aumentos não foram significativos, indicando que plantas de feijoeiro originadas de plantas com alto teor de P são menos dependentes do suprimento de P no solo para produção de biomassa do que plantas provenientes de sementes com baixo teor de P; constatação também reportada por Teixeira et al. (1999).

A adubação fosfatada, independentemente da dose, favoreceu a massa de matéria seca da planta durante o todo o ciclo da cultura em relação ao tratamento com ausência deste nutriente (Quadro 30). Fageria et al. (2003) relata dentre as influências do P na cultura do feijão o aumento da produção de massa de matéria seca da parte aérea da planta, destacando que esse parâmetro está associado com a produtividade sendo portanto, importante conhecer a acumulação de massa de matéria seca durante o ciclo da cultura.

QUADRO 30: Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)											
	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	80	87
P na semente												
P1 (2,87)	0,37	0,64	1,22	2,37 b	3,80 b	6,68	9,53	10,66	18,38	19,71 b	19,35 b	25,06 b
P2 (3,35)	0,38	0,62	1,29	2,36 b	4,33 ab	6,27	8,27	11,72	19,41	19,71 b	20,18 b	25,85 b
P3 (3,94)	0,38	0,70	1,43	2,97 a	4,73 a	6,93	9,93	11,67	19,77	26,24 a	24,29 a	30,38 a
P no solo												
0	0,29 b	0,44 c	0,93 b	1,92 b	3,19 b	4,88 b	6,86 b	9,41 b	16,50 b	17,19 b	16,62 b	25,06 b
90	0,39 a	0,67 b	1,41 a	2,81 a	4,51 a	7,10 a	10,00 a	11,78 a	21,21 a	23,36 a	22,57 a	25,85 b
150	0,44 a	0,84 a	1,60 a	2,97 a	5,16 a	7,89 a	10,86 a	12,86 a	19,86 ab	24,99 a	24,62 a	30,38 a
Valor de F												
P semente (Pse)	0,25 ^{ns}	2,20 ^{ns}	2,03 ^{ns}	7,83 ^{**}	3,97 [*]	0,65 ^{ns}	3,05 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,55 ^{ns}	15,16 ^{**}	6,45 ^{**}	5,54 ^{**}
P solo (Pso)	24,02 ^{**}	44,37 ^{**}	21,61 ^{**}	20,15 ^{**}	18,41 ^{**}	14,65 ^{**}	17,87 ^{**}	7,14 ^{**}	6,21 ^{**}	17,79 ^{**}	15,95 ^{**}	7,20 ^{**}
Pse * Pso	1,89 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,32 ^{ns}	3,18 [*]	2,11 ^{ns}	1,47 ^{ns}
CV (%)	16,60	17,88	21,71	22,02	21,07	23,88	20,85	22,53	19,63	17,30	18,94	17,43

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Interação significativa entre os parâmetros avaliados para massa de matéria seca foi constatada apenas aos 73DAE (Quadro 31). A ausência de adubação fosfatada resultou em plantas com menor massa de matéria seca em P1 e P3, enquanto em sementes com teor de P intermediário (P2) não houve diferenças entre as doses avaliadas. Em solo não adubado sementes com maior teor de P (P2 e P3) proporcionaram maior massa seca de plantas em relação a sementes com menor teor (P1). Em solo adubado foi constatada maior massa de matéria seca apenas em sementes P3, porém sem diferença significativa em relação a P1 na dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅. Segundo Araújo et al. (2002) sementes com alto teor de P podem aumentar o crescimento do feijoeiro, principalmente sob baixas doses de P aplicadas no solo. Assim, o maior teor de P na semente estimulou o crescimento do feijoeiro nesta fase de desenvolvimento, principalmente na ausência de adubação e, a disponibilidade de P no solo compensou o menor teor de P na semente reduzindo a diferenças entre os teores com aumento das doses aplicadas.

QUADRO 31: Massa de matéria seca total (g planta⁻¹) aos 73 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg⁻¹) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Teor de P na semente (g kg ⁻¹)	P aplicado no solo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)		
	0	90	150
P1 (2,87)	12,53 b B	21,46 a B	25,09 a AB
P2 (3,35)	18,65 a A	19,22 a B	20,93 a B
P3 (3,94)	20,36 b A	29,41 a A	28,95 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os índices de área foliar (IAF) do feijoeiro IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas em função do teor de P na semente e doses de P aplicadas no solo são apresentados no Quadro 32. O teor de P na semente promoveu variações no IAF das plantas aos 31, 38, 52, 59, 73 e 80DAE, com maiores índices para plantas provenientes de sementes com maior teor de P. Lima et al. (2000) e Araújo et al. (2002) verificaram que em feijoeiro o alto teor de P na semente estimulou a expansão foliar da planta com aumentos na área foliar e na massa de matéria seca de folha aos 20 e 30DAE em solo não adubado.

QUADRO 32: Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg há^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	80	87
	Dias Após a Emergência (DAE)											
P na semente	cm ² planta											
P1 (2,87)	67,10	122,57	216,11	597,14 ab	651,93 b	1210,19	1560,81 b	1265,30 b	1559,23	1195,32 b	786,88 b	418,74
P2 (3,35)	71,60	118,15	221,30	493,89 b	730,28 ab	1203,23	1423,83 b	1402,28 ab	1647,47	1316,96 b	949,91 ab	419,63
P3 (3,94)	75,09	140,55	244,11	681,61 a	876,91 a	1355,94	1865,53 a	1567,08 a	1737,94	1703,38 a	1070,55 a	512,56
P no solo												
0	56,56 b	86,20 c	161,86 b	449,47 b	561,73 b	936,54 b	1188,49 b	1075,81 b	1216,81 b	1012,40 b	768,72 b	347,32 b
90	74,82 a	130,98 b	247,45 a	612,45 ab	788,76 a	1342,44 a	1821,43 a	1604,09 a	1933,38 a	1515,95 a	1068,23 a	439,28 ab
150	82,42 a	164,10 a	272,22 a	710,72 a	908,63 a	1490,39 a	1840,24 a	1554,77 a	1794,45 a	1687,31 a	970,37 ab	564,34 a
Valor de F												
P semente (Pse)	1,03 ^{ns}	3,25 ^{ns}	1,63 ^{ns}	3,18 [*]	5,33 ^{**}	1,45 ^{ns}	6,68 ^{**}	3,54 [*]	0,46 ^{ns}	10,44 ^{**}	3,40 [*]	1,13 ^{ns}
P solo (Pso)	11,38 ^{**}	35,28 ^{**}	24,59 ^{**}	6,27 ^{**}	12,70 ^{**}	16,10 ^{**}	17,98 ^{**}	13,21 ^{**}	8,44 ^{**}	18,27 ^{**}	3,91 [*]	4,62 [*]
Pse * Pso	1,84 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,95 [*]	1,27 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,73 ^{ns}
CV (%)	21,41	20,06	19,91	34,53	25,42	22,03	20,96	22,03	30,74	22,62	31,94	43,57

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

A adubação fosfatada aumentou IAF, independentemente da dose aplicada e do período de amostragem (Quadro32). Silva et al. (2003b) também observaram incrementos significativos no IAF do feijoeiro por ocasião do florescimento em solo adubado com 72kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação ao mesmo solo não adubado. A menor disponibilidade de P reduz a área foliar principalmente pela redução no número de folhas e, secundariamente pela limitação à expansão da folha (RODRIGUEZ et al. 1998). Em solo com baixa disponibilidade de P, Lynch et al. (1991) também relatam menor crescimento do feijoeiro ocasionado pela diminuição do aparecimento de folhas.

Os fatores avaliados apresentaram interação significativa para o IAF apenas aos 52DAE (Quadro 33). A ausência de adubação fosfatada resultou em menor IAF independentemente do teor de P na semente, diferindo significativamente da dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P1 e P2 e das doses de 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P3. Na dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ planta provenientes de sementes com maior teor de P resultaram em maior IAF. Silva et al. (2003b) verificaram maior IAF em feijoeiro por ocasião do florescimento em plantas originadas de sementes com maior teor de P, tanto na presença como na ausência de adubação fosfatada; contudo, o aumento no IAF foi maior no solo não adubado.

QUADRO 33: Índice de área foliar (cm² planta) aos 52 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg⁻¹) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Teor de P na semente (g kg ⁻¹)	P aplicado no solo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)		
	0	90	150
P1 (2,87)	1096,54 b A	1588,10 ab B	1997,78 a A
P2 (3,35)	1126,79 b A	1491,05 ab B	1653,64 a A
P3 (3,94)	1342,16 b A	2385,13 a A	1869,78 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

b) Índices fisiológicos

As taxas de crescimento da cultura (TCC) em feijoeiro IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas em função do teor de P nas sementes e de doses de P aplicadas no solo são apresentadas na Figura 51. A TCC aumentou continuamente até os 66DAE quando as plantas atingiram maior velocidade de crescimento para todos dos tratamentos, exceto na dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P3, onde a maior taxa de crescimento foi observada aos 59DAE. Após atingir o máximo a TCC decresceu até o final do ciclo da cultura, assumindo valores negativos em P3 para a dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅. Comportamento semelhante na curva de TCC foi observado também por Urchei et al. (2000) em feijoeiro e por Alvarez (1999) em amendoim. Segundo Brown (1984) o máximo crescimento da cultura geralmente está relacionado ao início da fase reprodutiva e o decréscimo da TCC com a maturação da planta devido a paralisação do crescimento vegetativo, senescência, morte e queda das folhas.

A ausência de adubação fosfatada promoveu menor TCC até os 73DAE em P1 e P2 e até os 66DAE em P3. No entanto, após atingir o máximo crescimento, os tratamentos com ausência de adubação fosfatada apresentaram redução menos acentuada na TCC em relação aos tratamentos com aplicação de P, assumindo, dessa forma, maiores taxas de crescimento a partir dos 80DAE em P2 e a partir dos 73DAE em P3. A dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em maior TCC em P1 durante todo o ciclo da cultura. Em P2 observou-se TCC semelhantes entre as doses de 90 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅, já em P3 a dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu maior TCC até os 59DAE. Porém após esse período passou a apresentar as menores TCC de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ entre os tratamentos. A maior taxa de crescimento da cultura nos tratamentos com adubação fosfatada está relacionado ao efeito do P no aumento do IAF (Quadro32) e da massa de matéria seca da planta (Quadro 30). Nota-se que o aumento do teor de P das sementes promoveu maior diferenciação nas TCC entre as doses de P, antecipou o ponto de maior velocidade de crescimento nos tratamentos com aplicação de P, além de proporcionar declínio mais acentuado nas TCC no final do ciclo da planta. Essas constatações podem estar relacionadas ao estímulo inicial do crescimento promovido pelo teor de P da semente. Segundo Teixeira et al. (1996) a maior disponibilidade interna de P beneficia o crescimento

inicial das raízes, fornece energia para absorção e favorece a nodulação, aumentando consequentemente o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea. O aumento da concentração de P na semente pode ser usado para aumentar o suprimento de P no início do ciclo e aumentar o crescimento subsequente da planta (GRANT et al., 2001). O declínio mais acentuado das TCC no final do ciclo, deve a aceleração do metabolismo vegetal, constatado em casos de suprimento adequado de P que estimula a produção de folhas, porém antecipa a senescência foliar (LIMA et al. 2002). Neste aspecto, o aumento da disponibilidade interna de P catalisou os efeitos do aumento das doses de P aplicadas no solo.

As curvas da taxa de crescimento relativo (TCR) declinaram continuamente com o avanço do ciclo da cultura, independentemente do teor de P na semente e das doses de P aplicadas no solo (Figura 52). Esse comportamento da curva está de acordo com os obtidos em outros estudos (BOARO, 1986, ALVAREZ, 1999, URCHEI et al., 2000, ROSSETTO & NAKAGAWA, 2001). A TCR diminui com a idade da planta, em função do autosombreamento e do aumento da atividade respiratória com o avanço do ciclo (URCHEI et al., 2000) e, também, devido ao acréscimo dos componentes estruturais, fotossinteticamente inativos, que não contribuem para o crescimento da planta (Rodrigues, 1992). A maior dose de P avaliada resultou em menores TCR durante todo o ciclo da cultura em P1, e dos 17 aos 59DAE em P2. A ausência de adubação fosfatada proporcionou maior TCR em P2 depois dos 45DAE. Em sementes com maior teor de P, a aplicação de P no solo promoveu maior TCC no início do ciclo vegetativo. Porém depois dos 31DAE as maiores TCC foram constatadas na ausência de adubação fosfatada. O comportamento da TCR na ausência de adubação fosfatada em P2 e P3 justificam o declínio menos acentuado da TCC no final do ciclo da planta nesses tratamentos (Figura 51). Segundo Grant et al. (2001) as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo do feijoeiro podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais as plantas não mais se recuperam posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. A ausência de adubação resultou em menor massa de matéria seca de planta (Quadro 30), menor índice de área foliar e menor TCC (Figura 51), mesmo tendo apresentado maiores TCR, fato justificado pelo impulso no crescimento inicial dado pela adubação fosfatada, pois a TCR é função da massa de matéria seca pré existente (BENINCASA, 2003).

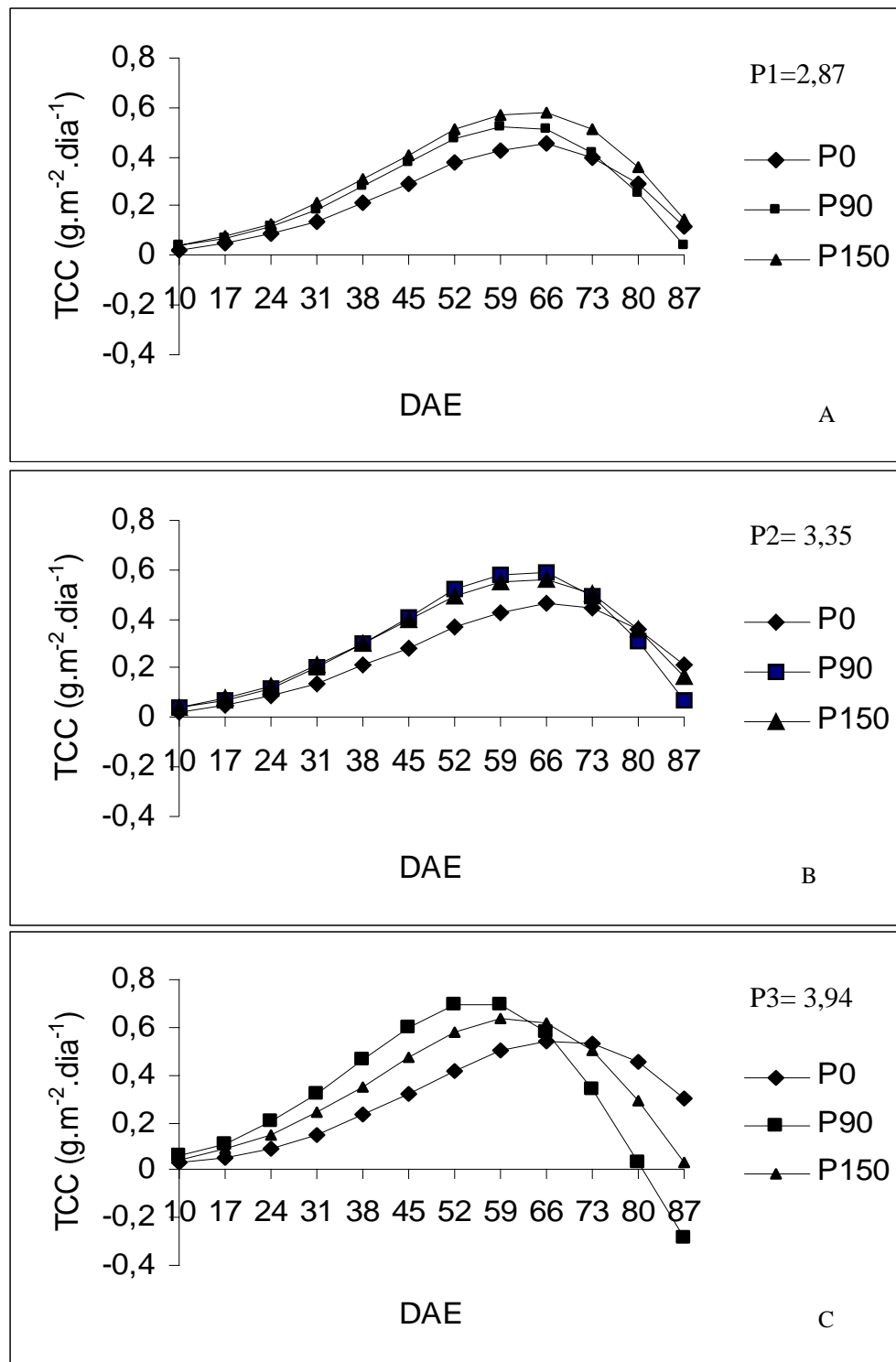


FIGURA 51: Taxa de crescimento da cultura em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

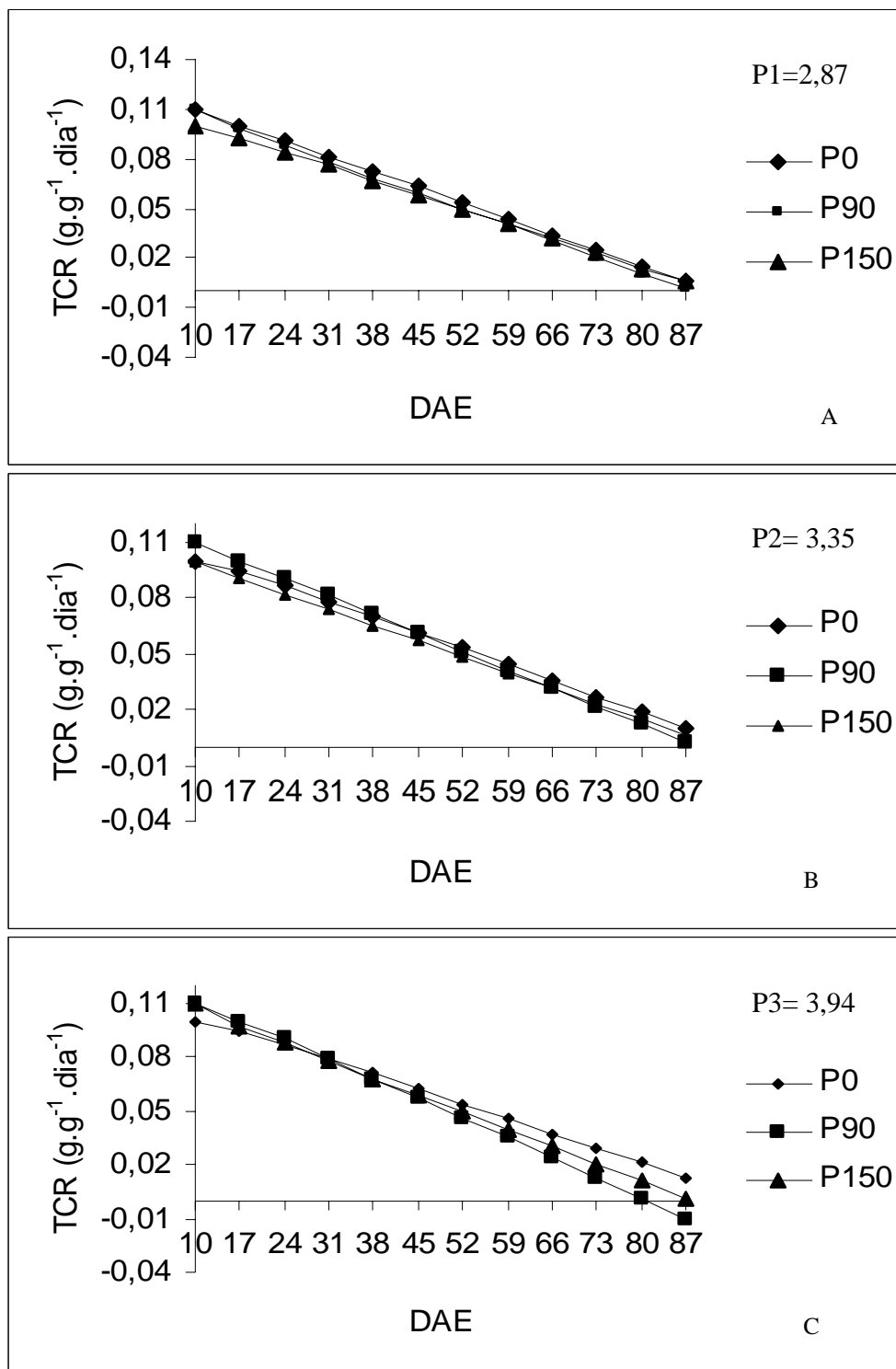


FIGURA 52: Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

As taxas de assimilação líquida (TAL) em feijoeiro IAC Carioca Tybatã, produzido no período da águas, em função do teor de P na semente e doses de P aplicadas no solo são apresentadas na Figura 52. As maiores TAL foram obtidas no início do ciclo vegetativo (10DAE), com decréscimos da taxa até os 38DAE para todos os tratamentos. Após esse período, observou-se uma relativa constância na assimilação até os 59DAE, seguido por acréscimos nas taxas até os 80DAE e declínio da mesma na última amostragem (87DAE). Curvas semelhantes da TAL em feijoeiro foram observadas também por Urchei et al. (2000). Exceção ao comportamento observado nos demais tratamentos, na dose de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 em P3, a TAL decresceu durante todo o ciclo da cultura, porém com declínio menos acentuado dos 38 aos 66DAE, conforme observado também em soja (RODRIGUES, 1992), em amendoim (ALVAREZ, 1999) e em triticale (OLIVEIRA et al., 2001). Segundo Rossetto & Nakagawa (2001) na literatura existe certa controvérsia entre os estudos da TAL, pois enquanto para uns a taxa aumenta até uma determinada idade da planta, para outros não há variações durante o desenvolvimento e, para outros ainda, a taxa diminui constantemente durante o ciclo. Segundo Rosa (1993) essas variações talvez possam ser atribuídas à influência das condições climáticas, à forma de condução dos experimentos e às variações intra-específicas desta taxa.

Em sementes com baixo teor de P (P1) a ausência de adubação fosfatada resultou em maior TAL durante todo o ciclo, contudo com curva e valores semelhantes aos demais tratamentos. Em P2 a ausência de adubação proporcionou maiores taxas depois dos 59DAE e, em P3 a partir dos 52DAE. Esse comportamento da TAL na ausência de adubação explicam em parte o comportamento observado para a TCR nos três teores de P na semente (Figura 51), pois a TAL é um dos parâmetros de crescimento responsável pela determinação da TCR (BENINCASA, 2003). A dose de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 em P3 proporcionou TAL superior aos demais tratamentos durante a fase vegetativa das plantas, porém esse comportamento se inverteu, passando a apresentar taxas inferiores após os 52DAE, com valores negativos na última amostragem. Esses valores negativos estão associados a senescência e queda das folhas e aumento da atividade respiratória (URCHEI et al., 2000). A maior TAL na dose de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 na fase vegetativa resultou em maior TCR (Figura 51), porém, os decréscimos da TAL após os 52DAE se refletiu também na TCR, resultando em menores TCC na fase reprodutiva e final do ciclo da planta.

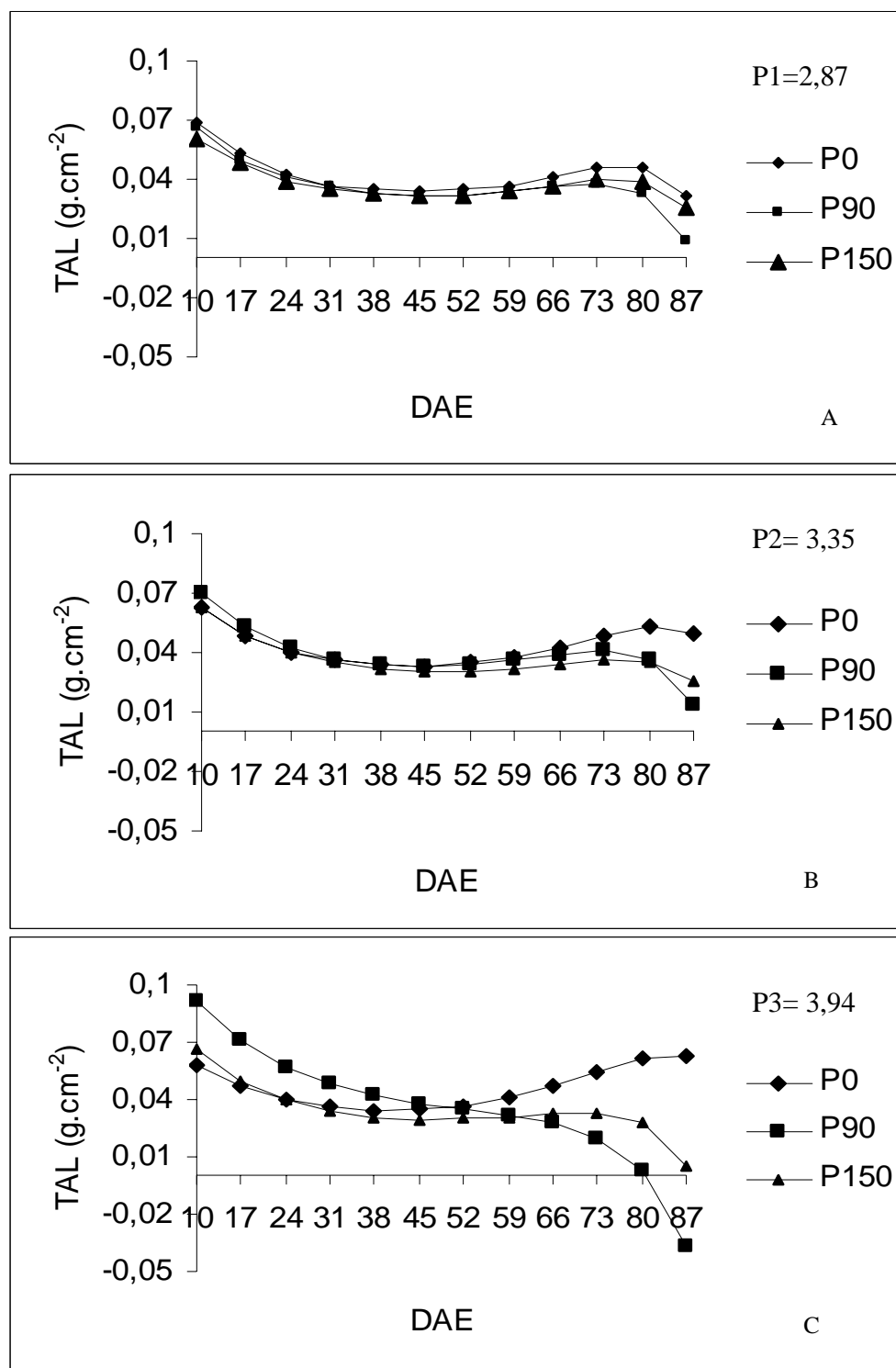


FIGURA 53: Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

A Razão de área foliar (RAF) aumentou na fase vegetativa da planta até os 31DAE, seguido por decréscimos contínuos até o final do ciclo, independentemente do teor de P na semente e das doses de P aplicadas (Figura 54). O aumento da RAF no início do ciclo indica maior conversão dos fotoassimilados em folhas, aumentando a captação da radiação solar disponível, já os decréscimos são decorrentes do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como flores vagens e sementes, além do auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta (URCHEI et al., 2000). Em P1 e P2 as RAF foram semelhantes entre os tratamentos, entretanto em P3 a dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou menor RAF até os 59DAE. Considerando que a RAF juntamente com a TAL são os parâmetros de crescimento determinantes da TCR (BENINCASA, 2003), a menor razão de área foliar da dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P3 na fase vegetativa foi compensada pela maior TAL nesse período, de forma que a TCR deste tratamento foi semelhante a dos demais (Figura 52). Contudo, no final do ciclo vegetativo a menor TAL não foi compensada pela RAF, justificando assim a menor TCR observada na dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P3.

A área foliar específica (AFE) em feijoeiro IAC Carioca Tybatã, produzido no período das águas, em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo, aumentou até os 45DAE com redução contínua durante o restante do ciclo da cultura (Figura 55). À exceção dos demais tratamentos, a ausência de adubação fosfatada em P3 promoveu aumento da AFE somente até os 31DAE. Como a AFE refere-se ao espessamento foliar (BENINCASA, 2003), o aumento desse índice no início do ciclo da planta está relacionado as alterações morfológicas da folha ocasionadas pela expansão foliar (ROSSETTO & NAKAGAWA, 2001), aumentando o índice de área foliar para maior interceptação da radiação solar. A redução da AFE está relacionada ao espessamento da folha causada pelo acúmulo de fotossintetizados para posterior translocação para outros órgãos. Com o início da fase reprodutiva a translocação dos fotoassimilados deveria aumentar a AFE, em função da redução da espessura da mesma, contudo se verifica apenas uma atenuação do declínio da mesma, pois a senescência, morte e queda das folhas contribuem para a redução contínua do índice.

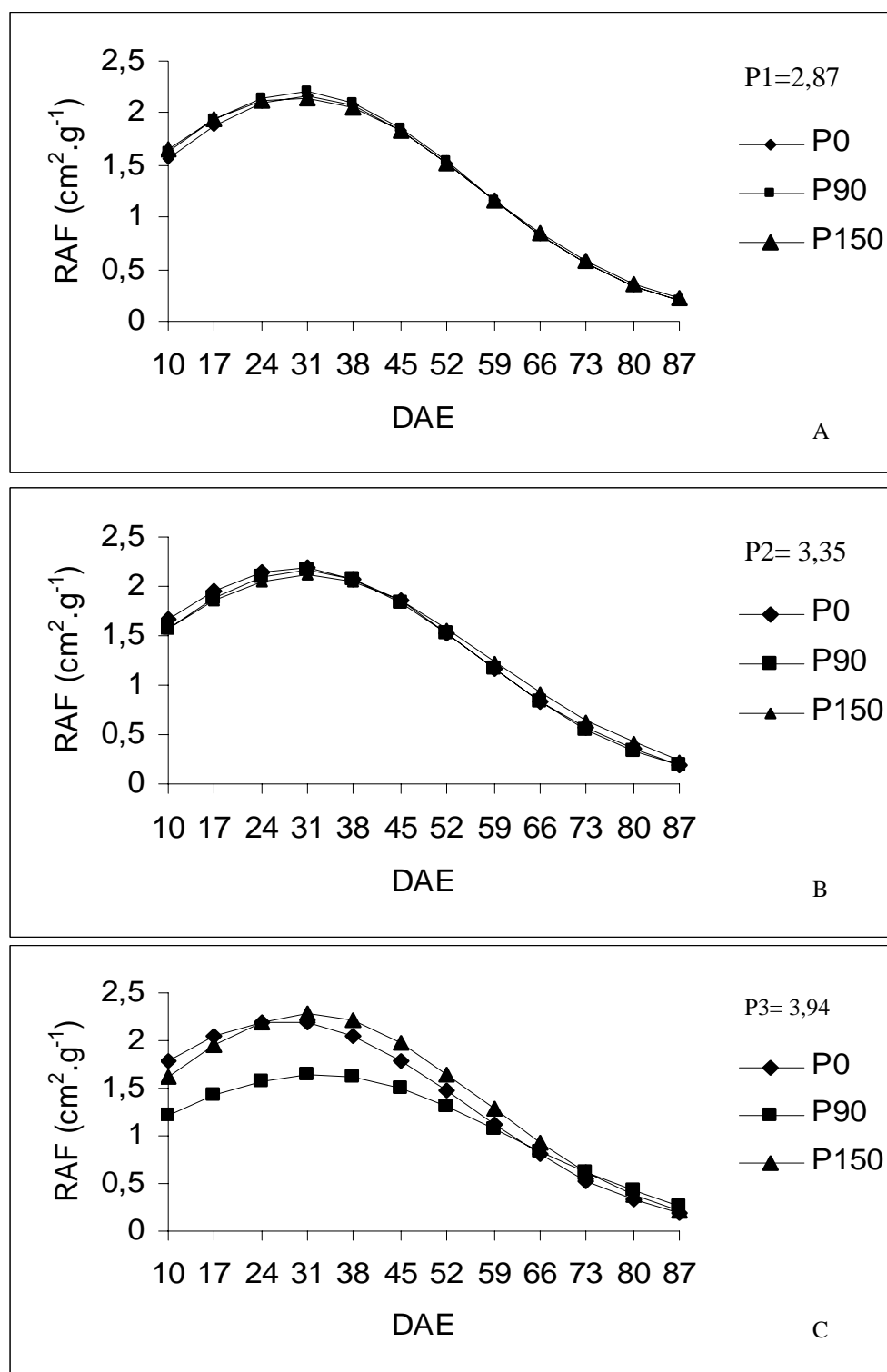


FIGURA 54: Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

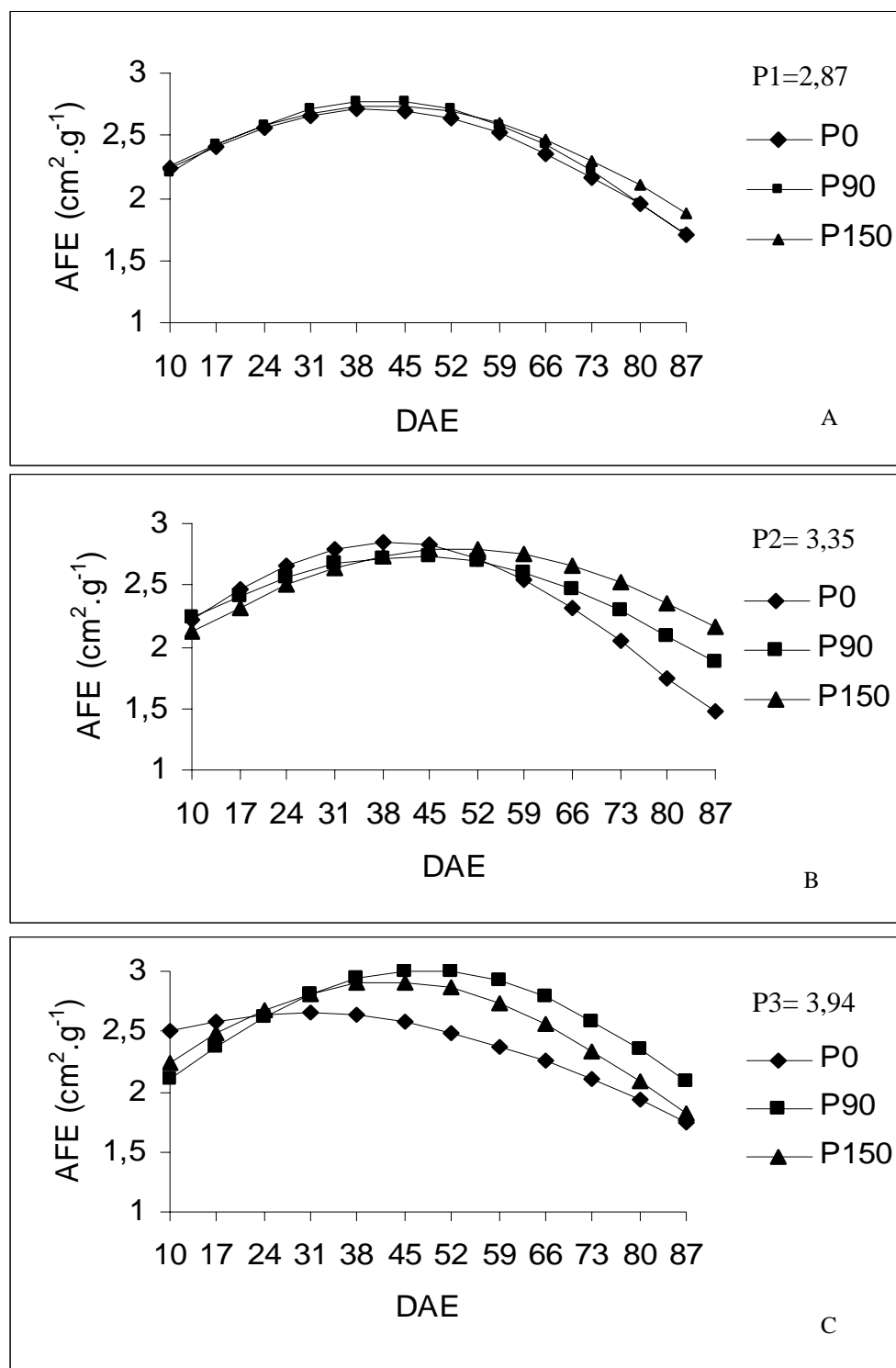


FIGURA 55: Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Em P1, os valores de AFE foram semelhantes entre as doses de P, principalmente no início do ciclo da cultura. A dose de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou em menor AFE no início da fase vegetativa em P2, porém passou a apresentar maiores valores após os 52DAE. Ainda em P2, a ausência de adubação fosfatada proporcionou menor AFE depois de 59DAE. Em sementes com maior teor de P a ausência de adubação fosfatada apresentou maior AFE no início do ciclo da planta, porém depois dos 24DAE resultou em menores AFE que os tratamentos com aplicação de P. A AFE é um dos componentes determinantes da RAF, porém, as variações observadas nas AFE, principalmente no final do ciclo da planta em P2 e P3, não se refletiram na RAF observada (Figura 54).

A razão de massa de folha (RMF) em feijoeiro, cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, foi alterada pelo teor de P na semente apenas aos 38DAE, pelas doses de P aplicadas no solo aos 38 e 66DAE e pela interação entre esses fatores aos 17DAE (Quadro34). Sementes com maior teor de P (P3) resultaram em maior RMF aos 38DAE, contudo não diferiram significativamente de P1. Com relação as doses de P, aos 38DAE a aplicação de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou em menor RMF em relação a ausência de adubação fosfatada, entretanto, aos 66DAE ocorreu inversão desse resultado com maior RMF para a maior dose de P avaliada. A RMF expressa a fração de matéria seca não exportada da folha para o resto da planta (BENINCASA, 2003), assim, aos 38DAE a não aplicação de P resultou em menor eficiência na exportação do material produzido nas folhas, priorizando, possivelmente, a formação de área foliar.

Aos 17DAE, em P1, a ausência de adubação fosfatada resultou em menor RMF em relação à aplicação de P no solo (Quadro 35). Plantas originadas de sementes com menor teor de P apresentaram menor RMF que as de P2 e P3 quando cultivadas na ausência de adubação fosfatada. O suprimento inadequado de P reduz o comprimento e espessura do caule e causa atraso na emergência das folhas (GRANT et al., 2001). Ainda segundo esses autores, o P contido na semente pode melhorar o suprimento desse nutriente no início do ciclo e aumentar o crescimento subsequente da planta. Assim, tanto a disponibilidade no solo em sementes com baixo teor de P, como as reservas de P da semente na ausência de adubação fosfatada influenciaram o desenvolvimento da planta com menor acúmulo de fotoassimilados na folha em detrimento da massa de matéria seca total, reduzindo assim a RMF.

QUADRO 34: Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	10	17	24	31	38	Dias Após a Emergência (DAE)					73	80	87
	g g^{-1}												
P na semente													
P1 (2,87)	0,78	0,77	0,78	0,76	0,75 ab	0,70	0,53	0,47	0,39	0,25	0,18	0,10	
P2 (3,35)	0,77	0,78	0,78	0,76	0,74 b	0,70	0,56	0,46	0,39	0,24	0,19	0,11	
P3 (3,94)	0,79	0,78	0,78	0,76	0,77 a	0,69	0,56	0,49	0,37	0,27	0,19	0,09	
P no solo													
0	0,77	0,76 b	0,79	0,77	0,77 a	0,70	0,57	0,48	0,37 b	0,25	0,19	0,11	
90	0,79	0,78 a	0,78	0,76	0,75 ab	0,69	0,54	0,46	0,37 b	0,27	0,19	0,09	
150	0,79	0,78 a	0,77	0,75	0,74 b	0,69	0,54	0,48	0,41 a	0,24	0,18	0,11	
Valor de F													
P semente (Pse)	2,61 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	3,26 [*]	0,28 ^{ns}	1,91 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,36 ^{ns}	
P solo (Pso)	5,64 ^{**}	6,65 ^{**}	0,54 ^{ns}	2,98 ^{ns}	3,85 [*]	1,04 ^{ns}	2,33 ^{ns}	1,13 ^{ns}	4,73 [*]	1,15 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,86 ^{ns}	
Pse * Pso	1,61 ^{ns}	3,79 [*]	0,31 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,73 ^{ns}	
CV (%)	2,20	2,02	5,83	2,01	2,89	5,13	8,32	10,54	11,67	23,16	20,37	35,15	

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

QUADRO 35: Razão de massa de folha (g g^{-1}) aos 17 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg^{-1})	P aplicado no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5)		
	0	90	150
P1 (2,87)	0,75 b B	0,79 a A	0,78 a A
P2 (3,35)	0,78 a A	0,76 a A	0,79 a A
P3 (3,94)	0,78 a A	0,78 a A	0,79 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A razão de massa de sementes (RMS) do feijoeiro, cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período das águas, não foi alterada pelo teor de P nas sementes, pelas doses de P aplicadas no solo e pela interação desses fatores (Quadro 36). Apesar das variações observadas na massa de matéria seca total dos 73 aos 87DAE tanto em função do teor de P na semente como das doses de P aplicadas no solo (Quadro 30), essas não se refletiram sobre a eficiência de translocação de fotoassimilados para as sementes.

QUADRO 36: Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	66	73	80	87
	Dias Após Emergência			
P na semente	$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$			
P1 (2,87)	0,10	0,25	0,41	0,53
P2 (3,35)	0,09	0,27	0,40	0,53
P3 (3,94)	0,08	0,26	0,40	0,55
P no solo				
0	0,09	0,26	0,39	0,53 b
90	0,11	0,25	0,40	0,56 a
150	0,07	0,27	0,41	0,53 b
Valor de F				
P semente (Pse)	0,43 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,52 ^{ns}
P solo (Pso)	2,98 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,43 ^{ns}	4,54 [*]
Pse * Pso	0,98 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,88
CV (%)	44,46	29,54	15,69	7,08

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

6.2.3.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade

No Quadro 37 são apresentadas as características fitométricas, componentes de produção e produtividade de sementes de feijoeiro, cv. IAC Carioca Tybatã produzido na época das águas em função do teor de P nas sementes e de doses de P aplicadas no solo. A altura de inserção da primeira vagem, o comprimento de vagens, o número de vagens por planta e a massa de matéria seca de 100 sementes não foram alterados pelo teor de P na semente, pelas doses de P aplicadas no solo e pela interação desses fatores. Contudo, em soja, Britos (1985) relata que o conteúdo de P da semente promoveu aumentos significativos na altura da planta e no número de vagens e sementes por planta. Ao avaliarem os componentes em feijoeiro cv. IAC Carioca em função da adubação fosfatada, Zucareli et al. (2003b) também não verificaram efeitos do P na altura de inserção da primeira vagem, no comprimento de vagens e na massa de matéria seca de 100 sementes, porém constataram resposta quadrática ao aumento de doses de P aplicadas no solo para o número de sementes por planta. O aumento no número de vagens e na massa de matéria seca de 100 sementes em função da adubação fosfatada é relatado por Vidal & Junqueira Neto (1982). Vieira (1986a) e Singh et al. (1989) verificaram redução da massa de matéria seca de 100 sementes em solo com baixo teor de P. A resposta à adubação fosfatada depende, além da disponibilidade de P no solo, de outros fatores como a disponibilidade de outros nutrientes, da espécie ou variedade cultivada e das condições climáticas (SOUZA & LOBATO, 2003), justificando as respostas divergentes encontradas em relação a outros estudos.

O número de sementes por vagem não foi alterado pelo teor de P na semente, contudo, variou com as doses de P aplicadas no solo com valor significativamente maior na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Segundo Youngdahl (1990) linhagens de feijoeiro com maior rendimento em condições de baixa disponibilidade de P apresentam maior número de sementes por vagem, porém, neste caso, o maior número de vagem foi obtido em solo com maior disponibilidade de P. O teor de P na semente alterou a população final de plantas, com menor número de plantas/ha nos tratamentos com sementes com maior teor de P (P3). Confirmando os resultados obtidos por Zucareli et al. (2003b), a população final de plantas não foi afetada pela aplicação de doses de P no solo.

QUADRO 37: Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época das águas em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	AI (cm)	CV (cm)	Vagem/ Planta	Semente/ Vagem	M100 (g)	Pop (plantas ha^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})
P na semente							
P1 (2,87)	15,04	8,89	12,17	3,60	22,47	250133 a	1307,41
P2 (3,35)	14,67	8,83	12,25	3,65	22,60	236000 a	1378,63
P3 (3,94)	14,71	9,07	13,17	3,75	22,47	198666 b	1306,80
P no solo							
0	14,59	8,83	11,58	3,37 b	22,20	232533	1067,94 b
90	14,69	8,91	12,97	3,64b	22,87	226400	1412,40 a
150	15,13	9,05	13,04	4,00 a	22,47	225866	1512,50 a
Valor de F							
P semente (Pse)	0,55 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,12 ^{ns}	16,34 ^{**}	1,49 ^{ns}
P solo (Pso)	1,11 ^{ns}	1,23 ^{ns}	3,04 ^{ns}	10,94 ^{**}	2,35 ^{ns}	0,32 ^{ns}	47,71 ^{**}
Pse * Pso	0,54 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,27 ^{ns}
CV (%)	7,21	4,33	14,57	10,14	3,76	11,16	9,22

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

O teor de P nas sementes não alterou a produtividade de sementes. Vieira (1986b) e Vieira et al. (1987) também não constataram efeito da origem das sementes, provenientes de plantas adubadas e não adubadas, sobre a produtividade de sementes. Entretanto, ao avaliarem o rendimento do feijoeiro cv. BR Fepagro 44 – Guapo Brillhante em função de teores de P nas sementes, Silva et al. (2003b) obtiveram resposta linear da produtividade com o aumento do teor de P nas sementes, tanto na presença quanto na ausência de adubação fosfatada e, constataram que o aumento de 1g kg^{-1} de P na semente promove um incremento na produtividade de 93kg ha^{-1} em solo adubado e de 61kg ha^{-1} em solo não adubado; porém, a variação do teor de P das sementes por eles avaliadas foi mais ampla que a deste estudo. A adubação fosfatada, independentemente da dose, favoreceu a produtividade de sementes em relação ao solo não adubado, evidenciando a resposta do feijoeiro a adubação fosfatada como relatado em outros estudos (MACHADO et al., 1979, SILVEIRA & MOREIRA, 1990, FAGERIA, 1991, OLIVEIRA et al. 1987, TEIXEIRA et al., 1996, SILVA & VAHL, 2002, FAGERIA et al. 2003). A maior produtividade de sementes foi obtida na presença de adubação fosfatada assim como a

maior massa de matéria seca da plantas (Quadro 30), confirmando a relação entre esses parâmetros mencionada por Fageria et al. (2003). Segundo Ramalho et al. (1993), o número de vagens por planta é o componente com maior participação na produtividade, contudo neste caso, o número de sementes por vagem foi o componente que mais contribuiu para o incremento da produtividade na presença de adubação fosfatada.

6.2.4. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca

6.2.4.1 Análise de Crescimento

a) Índices biométricos

No Quadro 38 são apresentadas as massas de matéria seca total das plantas de feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo. Não foram constatadas interações significativas entre os fatores avaliados, independentemente do período de amostragem. O teor de P na semente resultou em variações na massa de matéria seca das plantas aos 10 e 45DAE. O maior teor de P na semente (P3) resultou em plantas com maior massa de matéria seca, contudo não diferiu significativamente de P1 aos 10DAE e de P2 aos 45DAE. Zhang et al. (1990) também obteve menor massa de matéria seca da parte aérea em plantas de cevada provenientes de sementes com baixo teor de P. Segundo Rossetto et al. (2002), o teor de P na semente é importante principalmente na fase inicial de crescimento da planta, quando o sistema radicular está pouco desenvolvido para o suprimento adequado da planta com esse nutriente. O estímulo do alto teor de P da semente ao crescimento vegetativo pode não ser atribuído apenas ao maior fornecimento de P, mas também ao estímulo ao crescimento inicial das plantas (ARAÚJO et al. 2002). Maior crescimento inicial em função do teor de P nas sementes também foi observado Britos (1985) em soja e por Grant et al. (2001) em trigo. Esse maior crescimento inicial pode provocar efeitos cumulativos nas taxas de crescimento posteriores e, assumir impactos positivos na produção de sementes, principalmente sob condições de estresse ambiental (Araújo et al. 2002).

QUADRO 38: Massa de matéria seca total em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)											
	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	80	87
P na semente g planta ⁻¹												
P1 (3,08)	0,17 ab	0,52	0,89	1,95	3,72	6,47 b	9,16	9,97	15,15	16,31	25,29	14,27
P2 (3,70)	0,14 b	0,60	0,90	1,90	3,61	7,52 ab	9,71	9,39	15,16	18,84	26,55	17,78
P3 (4,27)	0,19 a	0,53	1,17	2,27	4,00	8,18 a	9,44	10,60	14,48	17,49	26,00	15,60
P no solo												
0	0,13 b	0,40 b	0,54 c	1,28 c	2,18 c	4,67 c	6,35 c	6,78 c	11,11 b	14,88 b	19,56 c	12,40
90	0,16 b	0,53 b	0,96 b	2,02 b	3,66 b	7,81 b	9,69 b	10,00 b	15,46 a	17,97 ab	26,56 b	16,10
150	0,21 a	0,72 a	1,45 a	2,82 a	5,50 a	9,68 a	12,27 a	13,18 a	18,22 a	19,79 a	31,73 a	19,16
Valor de F												
P semente (Pse)	3,80*	1,16 ^{ns}	2,84 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,44 ^{ns}	3,09*	0,20 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,80 ^{ns}
P solo (Pso)	10,14**	14,52**	23,56**	17,81**	29,28**	26,72**	23,93**	21,21**	11,51**	5,73**	22,47**	2,91 ^{ns}
Pse * Pso	1,15 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,34 ^{ns}
CV (%)	27,50	30,47	36,95	34,42	31,49	25,65	24,91	26,96	27,39	22,86	19,23	48,26

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

A aplicação de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou em plantas com maior massa de matéria seca da parte aérea até os 80DAE. Aos 87DAE não houve variação na massa de matéria seca da parte aérea das plantas em função das doses de P aplicadas no solo. Redução da massa de matéria seca de feijoeiro em função do suprimento inadequado de P é relatado também por Grant et al. (2001) e Fageria et al. (2003). O feijoeiro apresenta baixa eficiência na absorção de P em virtude da baixa razão raiz/parte aérea e do menor requerimento de P para produção de biomassa (FOHSE et al., 1988); assim, quando a disponibilidade de P limita o crescimento, as raízes se transformam em forte dreno de carboidratos, causando limitação ao crescimento da parte aérea (CLARKSON, 1985). A redução no crescimento, por efeito da menor disponibilidade de P, é maior na parte aérea da planta, permitindo manter ao menos o crescimento radicular para encontrar e extrair P do solo (GRANT et al. 2001).

Os índices de área foliar (IAF) do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã produzido na época da seca em função do teor de P nas sementes e de doses de P aplicadas no solo são apresentados no Quadro 39. À semelhança do ocorrido com a massa de matéria seca, também não foram verificadas interações significativas entre os fatores avaliados. O IAF variou em função do teor de P nas sementes aos 10 e 24DAE, com maiores índices para plantas provenientes de sementes com maior teor de P. Grant et al. (2001) também obtiveram maior área foliar no início do desenvolvimento em plantas de trigo provenientes de sementes com alto teor de P. Considerando a necessidade quantitativa de macronutrientes pelas plantas é pouco provável que apenas a reserva interna da semente seja suficiente para a planta completar seu ciclo (JACOB-NETO & ROSSETTO, 1998). Entretanto, o aumento da área foliar no início do desenvolvimento em plantas originadas de sementes com alto teor de P pode provocar efeitos cumulativos nas taxas de crescimento posteriores, mesmo admitindo taxas de assimilação líquida similares (ARAÚJO et al., 2002).

QUADRO 39: Índice de área foliar em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	80	87
	Dias Após a Emergência (DAE)											
P na semente												
	cm ² planta ⁻¹											
P1 (3,08)	36,76 ab	86,99	154,45 b	306,24	609,22	1142,94	1334,26	1038,82	1123,09	820,21	424,63	231,09
P2 (3,70)	31,61 b	98,24	152,18 b	320,71	612,08	1318,33	1491,66	1048,98	1194,35	973,65	626,33	320,97
P3 (4,27)	40,06 a	83,06	208,04 a	353,22	664,07	1357,76	1339,62	1113,49	1092,39	832,99	548,96	208,14
P no solo												
0	27,76 b	72,77 b	108,56 b	211,38 b	358,44 c	727,40 c	905,65 b	788,64 b	936,80 b	707,59 b	518,41	257,31
90	35,57 b	82,69 b	158,08 b	338,89 a	592,89 b	1368,85 b	1505,37 a	1007,87 b	1158,95 ab	932,34 a	433,17	269,00
150	45,09 a	112,82 a	248,03 a	429,89 a	934,04 a	1722,78 a	1754,53 a	1404,79 a	1314,08 a	986,92 a	648,33	233,90
Valor de F												
P semente (Pse)	3,12*	0,94 ^{ns}	3,62*	0,60 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,92 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,27 ^{ns}
P solo (Pso)	13,01**	6,65***	18,11**	12,68**	25,31**	25,45**	22,19**	11,10**	4,13*	5,81**	1,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Pse * Pso	1,98 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,61 ^{ns}
CV (%)	25,78	35,03	37,51	36,54	35,46	30,37	25,82	34,02	31,81	27,16	66,23	50,39

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

O IAF foi favorecido com a aplicação de P no solo. A dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em maior IAF até os 73DAE. Aos 80 e 87DAE não houve variação no IAF entre as doses de P avaliadas. Os efeitos da adubação fosfatada sobre o IAF foram semelhantes aos observados na massa de matéria seca das plantas (Quadro 38). A emissão de menor número de folhas, em casos de baixa disponibilidade de P, é um dos fatores que afeta o crescimento do feijoeiro (LYNCH et al., 1991 e RODRIGUEZ et al., 1998) reduzindo o IAF e, conseqüentemente a massa de matéria seca da planta. Contudo, segundo Lima et al. (2002) a redução na formação de folhas é parcialmente compensada pelo atraso na senescência foliar. Assim, a ausência de diferenças significativas no IAF entre as doses de P avaliadas aos 80 e 87DAE deve-se a aceleração do metabolismo vegetal, com antecipação da senescência e abscisão foliar nos tratamentos com aplicação de P em relação a ausência de adubação fosfatada. Oliveira et al. (1996) também relatam que plantas de feijoeiro deficientes em P são menos vigorosas e chegam a maturidade mais lentamente que plantas nutridas adequadamente com esse nutriente. Em feijoeiro cv. BR Fepagro 44-Guapo Brilhante, o índice de área foliar por ocasião do florescimento foi favorecido pela aplicação de 72kg ha⁻¹ de P₂O₅ em solo deficiente em P (SILVA et al., 2003b).

b) Índices fisiológicos

A taxa de crescimento da cultura (TCC) em feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca aumentou constantemente até os 52 a 59DAE, com exceção a ausência de adubação em P1 e P2 que mostrou aumentos na taxa até os 66DAE (Figura 56). Após o ponto de máximo crescimento as curvas da TCC decresceram continuamente, assumindo valores negativos no final do ciclo da planta. Comportamento semelhante da curva da TCC em feijoeiro é relatado por Moreira (1993) e Urchei (1996). A TCC representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, ou seja, sua produtividade primária (BENINCASA, 2003); assim, verifica-se aumento da TCC durante a fase vegetativa. Segundo Brown (1984), os máximos valores de TCC geralmente coincidem com os primeiros estádios de frutificação. Em feijoeiro as reduções na TCC podem ser atribuídas a diversos mecanismos de respostas diretas e indiretas, como menor

disponibilidade de água e diminuição na interceptação e fixação da energia luminosa, além de menor absorção de nutrientes e alterações no mecanismo hormonal. (BERGAMACHI et al., 1988). Entretanto, esses mecanismos de respostas estão relacionados à maturação das plantas, com redução da TCC em função da paralisação do crescimento vegetativo, senescência, morte e queda das folhas (BROWN, 1984).

Independentemente do teor de P na semente, a ausência de adubação fosfatada proporcionou menor TCC até os 66DAE. Entretanto, em função da redução menos acentuada nas taxas de crescimento, a ausência de adubação resultou em maiores TCC no final do ciclo em relação aos tratamentos com adubação fosfatada. Esse comportamento está relacionado ao aumento no índice de área foliar pela adubação fosfatada (Quadro 39), ocasionando maior produção de fotoassimilados e, conseqüentemente maior TCC. A menor taxa de crescimento em casos de baixa disponibilidade de P pode ser uma adaptação da planta, pois o crescimento lento leva a uma menor demanda e a uma menor exaustão dos recursos do ambiente, com isso ocorreria uma menor incorporação de fotossintatos e nutrientes, permitindo a formação de reservas dentro da planta (ARAÚJO, 2000). Oliveira et al. (1996) relatam que plantas de feijoeiro deficientes em P perdem o vigor e chegam a maturidade mais lentamente, justificando as maiores TCC no final do ciclo para os tratamentos com ausência de adubação fosfatada. O decréscimo mais acentuado da TCC no final do ciclo da planta nos tratamentos com adubação fosfatada indica uma aceleração no metabolismo da planta em casos de suprimento adequado de P. Segundo Lima et al. (2002), o suprimento limitado de P causa redução na formação de folhas que é parcialmente compensado pela planta com atraso na senescência foliar, já os suprimentos elevados de P causam estímulo à produção de folhas, mas aumentam a senescência foliar. A aceleração da atividade metabólica pode ser constatada também pela antecipação do ponto de máximo crescimento nos tratamentos adubados principalmente em plantas originadas de sementes com menor teor de P (P1 e P2).

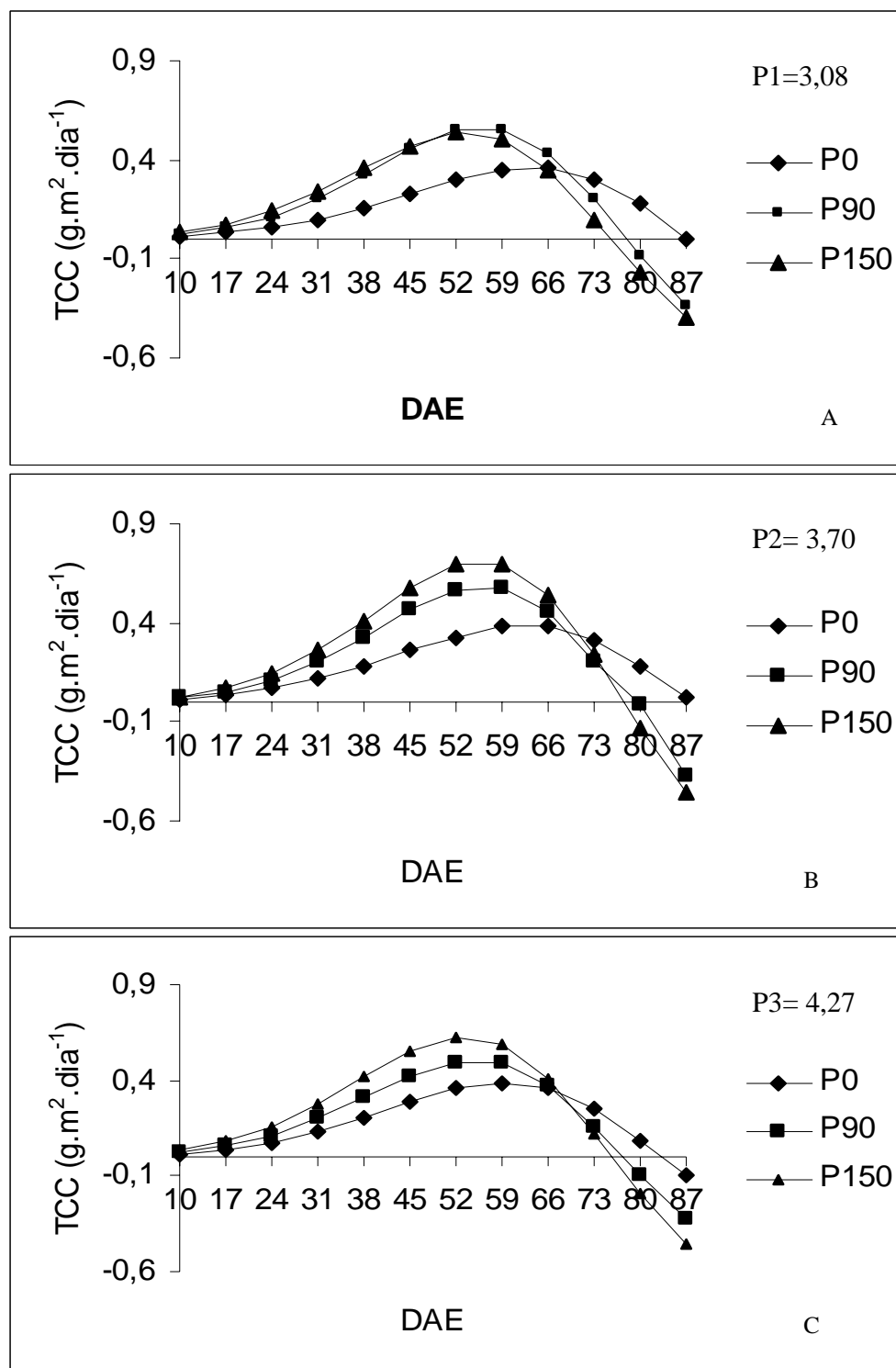


FIGURA 56: Taxa de crescimento da cultura em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

A taxa de crescimento relativo (TCR) da cultura do feijoeiro decresceu com a idade da planta, independentemente do teor de P na semente e das doses de P aplicadas no solo (Figura 57). Redução contínua da TCR com o avanço do ciclo da cultura também foi observada em feijoeiro por Stone et al. (1998), Moreira (1993) e Urchei (1996). Esse decréscimo deve-se a elevação da atividade respiratória e auto-sombreamento, cuja importância aumenta com a idade da planta (URCHEI et al., 2000) e também ao aumento de componentes estruturais que não contribuem fotossinteticamente (RODRIGUES, 1992). Os valores negativos da TCR observados nas últimas amostragens, principalmente para os tratamentos com adubação fosfatada, estão associados a morte das gemas, senescência e queda das folhas (BROWN, 1984), e confirmam a maior senescência foliar e a aceleração do metabolismo vegetal em função do suprimento de P conforme observado na TCC (Figura 56).

A aplicação de P no solo resultaram em plantas com maior TCR até os 17DAE, porém, após os 45DAE as maiores TCR foram observadas nos tratamentos com ausência de adubação fosfatada. A maior TCR no final do ciclo é responsável pela maior TCC observada na ausência de adubação em todos os teores de P na semente (Figura 56). Da mesma forma que para a TCC, as diferenças nos valores de TCR entre as doses de P aplicadas foram menores em P3 que em P1 e P2. Mesmo com TCR semelhantes ou inferiores as observadas na ausência de adubação fosfatada no final do ciclo os tratamentos adubados com P garantiram maior desenvolvimento da planta, como pode ser observado na MMS (Quadro 38) e no IAF (Quadro 39), em função do impulso de crescimento proporcionado nas primeiras semanas. Segundo Grant et al. (2001), as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo do feijoeiro podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais as plantas não se recuperam posteriormente.

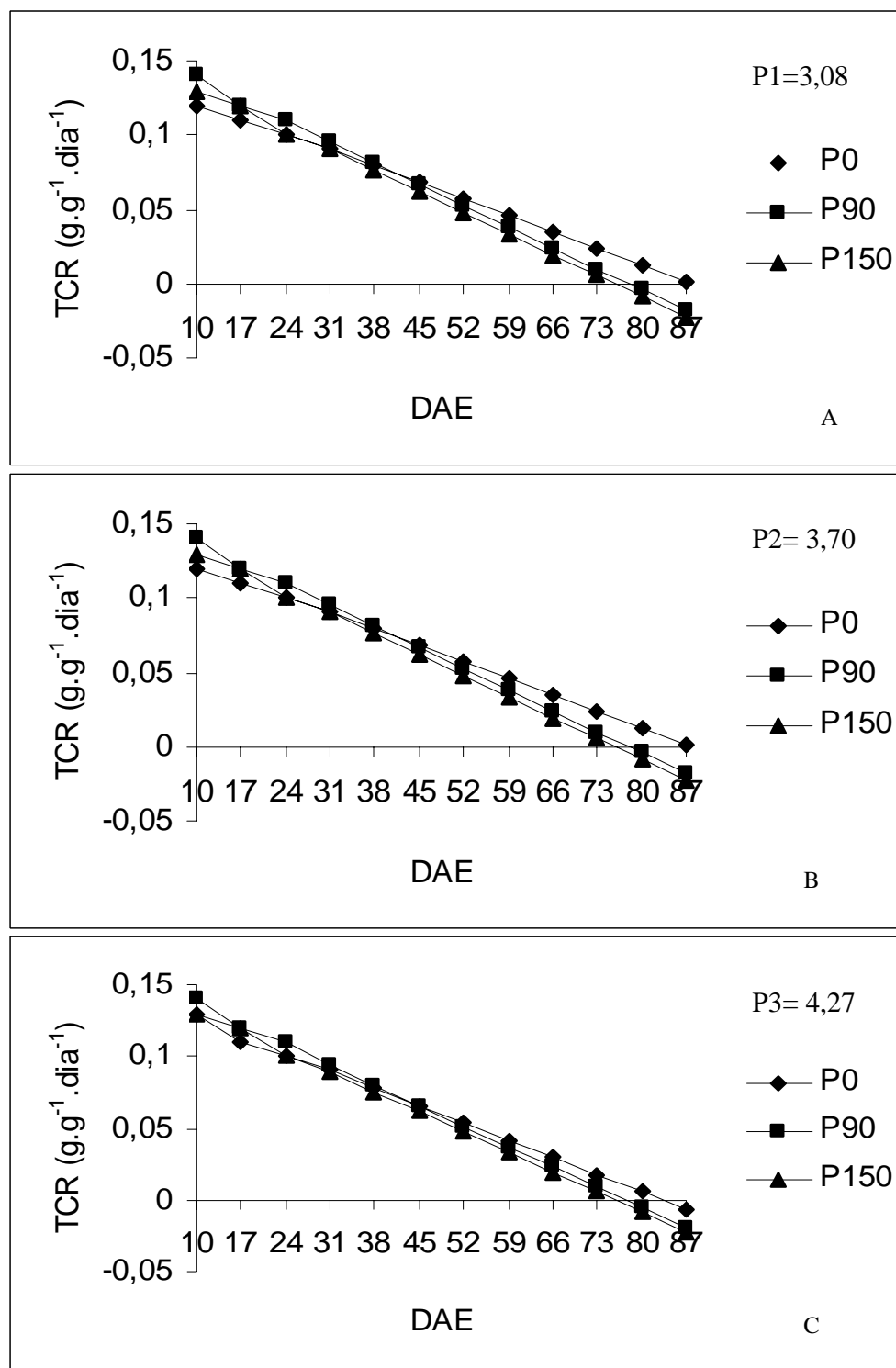


FIGURA 57: Taxa de Crescimento Relativo em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

A taxa de assimilação líquida (TAL) em feijoeiro, cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, decresceu até os 24DAE, mantendo taxas de assimilação relativamente constantes até os 66DAE nos tratamentos adubados e os 73DAE nos não adubados, decrescendo posteriormente até o fim do ciclo em todos os tratamentos (Figura 58). Gomes et al. (2000) também constataram maiores TAL na fase vegetativa em quatro cultivares de feijoeiro (Carioca, Negro Argel, Xodô e A320), com reduções contínuas da taxa durante o ciclo da planta, porém menos acentuadas durante o início da fase reprodutiva. Urchei et al. (2000) também verificaram constância da assimilação durante a fase reprodutiva, com retomada de decréscimos ao término do ciclo da cultura, entretanto, relatam decréscimos mais acentuados da TAL durante a fase vegetativa que os obtidos nesse estudo. Contudo, em função da influência das condições climáticas, forma de condução dos experimentos, variações intra-específicas dessa taxa e espécie estudada, Rossetto & Nakagawa (2001) relatam a existência de divergências no comportamento da TAL.

Independentemente do teor de P na semente, a ausência de adubação fosfatada resultou em menores TAL até os 24DAE e após, as menores taxas foram constatadas nos tratamentos com a aplicação de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 . A ausência de adubação fosfatada promoveu maiores TAL depois dos 59DAE. Os resultados obtidos para a TAL seguiram comportamento semelhantes aos observados na TCR, demonstrando a contribuição deste índice na determinação do crescimento relativo. Segundo Lynch et al. (2001), a disponibilidade de P afeta o crescimento do feijoeiro mais pela redução na emissão folhas que por efeitos diretos na fotossíntese. Neste aspecto, verifica-se que a produção de biomassa (Quadro 38) foi mais afetada pelo aumento do índice de área foliar (Quadro 39) promovido pela adubação fosfatada que pelos efeitos da TAL.

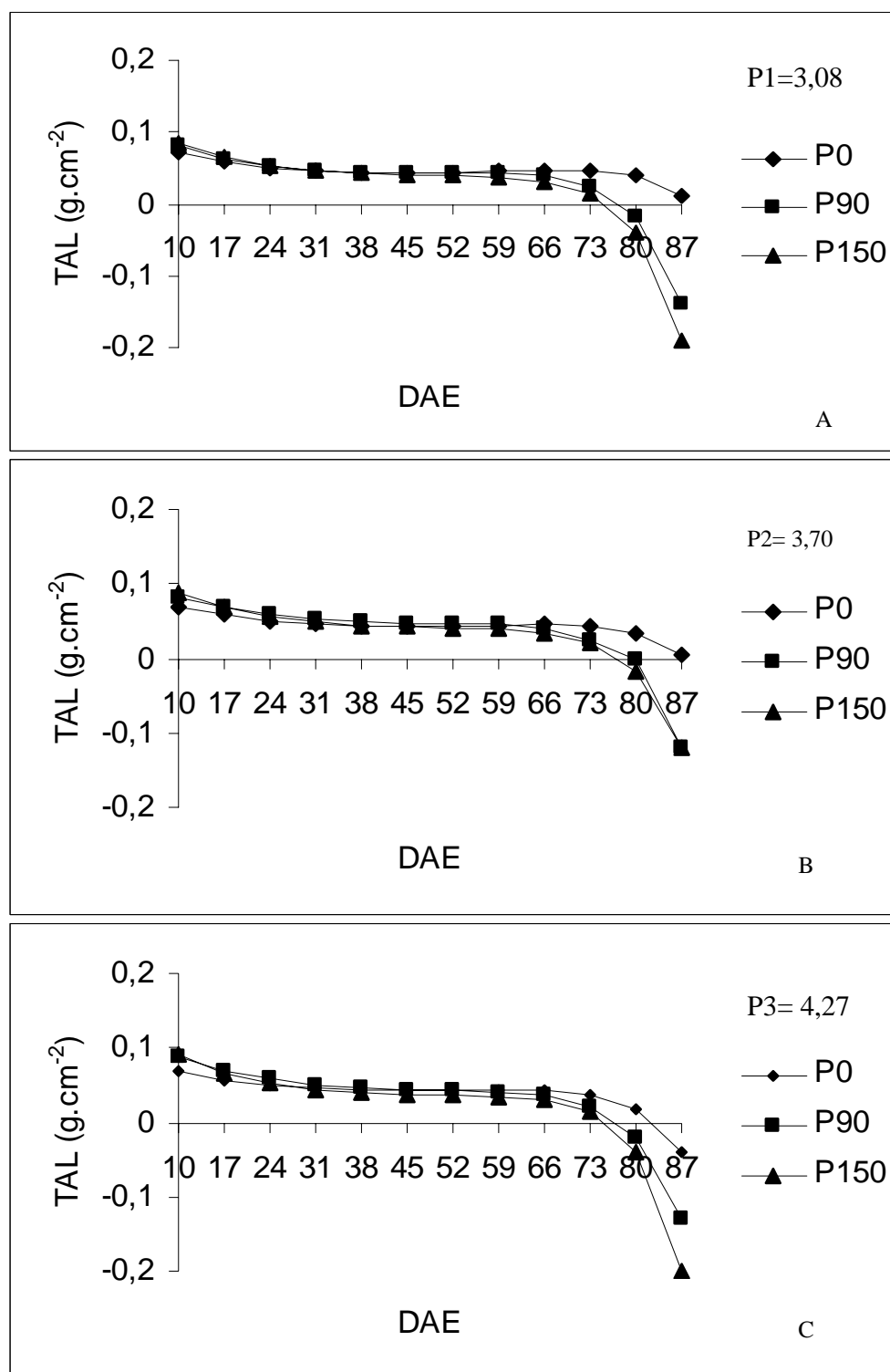


FIGURA 58: Taxa de Assimilação Líquida em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

As curvas da razão de área foliar (RAF) seguiram comportamento semelhante para todas as doses de P aplicadas no solo e teores de P nas sementes (Figura 59), com aumentos até os 24DAE, exceto para a dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ que apresentou valores crescentes do índice até os 31DAE, seguidos por decréscimos contínuos até o final do ciclo da planta. Resultados semelhantes na curva da RAF foram também obtidos por Urchei (1996) e Moreira (1993).

A RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, ou seja, expressa a área foliar utilizada pela planta para produção de 1g de massa de matéria seca (BENINCASA, 2003). Desse modo, o aumento da RAF no início da fase vegetativa indica maior conversão de fotoassimilados em folhas de modo a aumentar o índice de área foliar e, conseqüentemente a interceptação da radiação solar (URCHEI et al. 2000). Segundo Alvarez (1999) a tendência da RAF é diminuir a partir de uma certa fase do ciclo em função da redução da área foliar útil. Esse decréscimo da área foliar deve-se a redução da potencialidade da planta em emitir novas folhas, auto-sombreamento e senescência, morte e abscisão das folhas com o avanço do ciclo (BENINCASA, 2003). O aumento da massa de matéria seca total, pelo surgimento de flores, vagens e sementes, também contribui para redução da RAF (URCHEI et al., 2000).

Em sementes com baixo teor de P, a ausência de adubação fosfatada resultou em maior RAF a partir dos 45DAE em relação aos tratamentos com aplicação de P, justificando parcialmente os resultados verificados na TCR (Figura 57), pois a RAF juntamente com a TAL são índices determinantes de TCR (BENINCASA, 2003). Em P3, a ausência de adubação promoveu maior RAF até os 31DAE, o que contribuiu para reduzir as diferenças nas TCR nesse período entre as doses de P aplicadas no solo em P3 em relação as diferenças observadas em P1 e P2 (Figura 57).

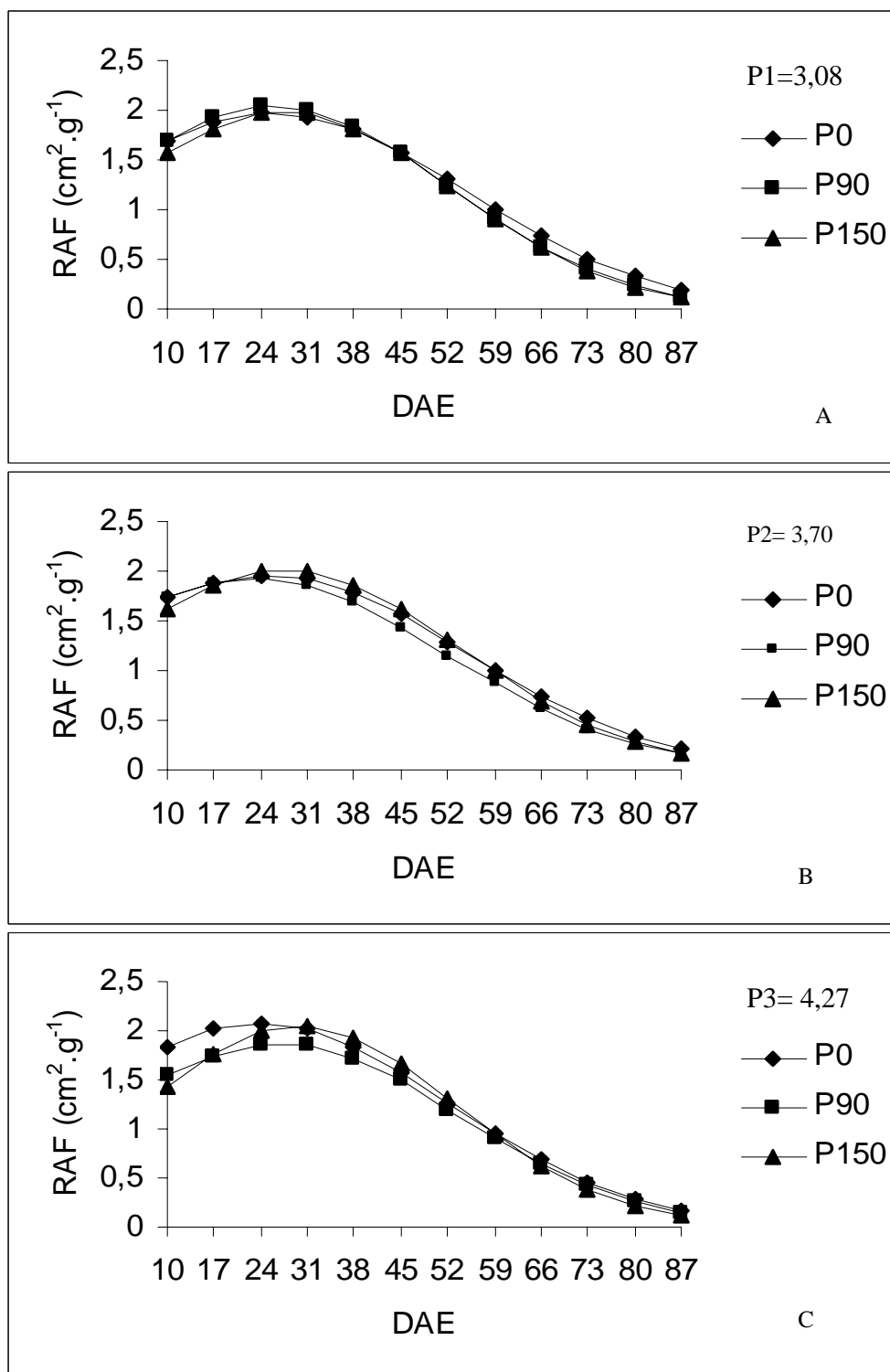


FIGURA 59: Razão de Área Foliar em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

As curvas da área foliar específica (AFE) apresentaram acréscimos até os 31 a 38DAE, seguidos por redução contínua do índice até o final do ciclo da cultura, à exceção da ausência de adubação fosfatada e da dose de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ em P2, que apresentaram acréscimos no índice somente até os 24DAE e, da ausência de adubação fosfatada em P3, que apresentou redução contínua da AFE durante todo o ciclo da cultura (Figura 60).

A AFE refere-se ao espessamento foliar, indicando se as folhas estão acumulando fotoassimilados ou translocando os mesmos para outros órgãos (BENINCASA, 2003). Entretanto, aumento da AFE no início da fase vegetativa deve-se as alterações morfológicas ocorridas nas folhas em virtude da expansão foliar (ROSSETTO & NAKAGAWA, 2001). O crescimento inicial da AFE também pode estar associado a translocação dos assimilados para os pontos de crescimento para formação de novas folhas, aumentando a RAF (Figura 59). A redução da AFE indica aumento da espessura da folha, por limitações a expansão foliar ou pelo acúmulo de fotossintetizados para posterior translocação à outros órgãos.

Em sementes com menor teor de P (P1) a aplicação de 90kg ha⁻¹ de P₂O₅ fosfatada resultou em maior AFE que os demais tratamentos, contudo, esse comportamento não foi observado na RAF (Figura 59). Considerando que a AFE juntamente com a RMF são os componentes determinantes da RAF (BENINCASA, 2003), a AFE teve menos influência que a RMF na determinação da RAF. O crescimento mais acentuado da AFE no início da fase vegetativa na dose de 150kg ha⁻¹ de P₂O₅, principalmente em P2 e P3, justificam o maior ângulo de crescimento da curva da RAF nesses tratamentos (Figura 59). Em P3, a ausência de adubação apresentou maior AFE até os 24DAE em relação aos tratamentos com P.

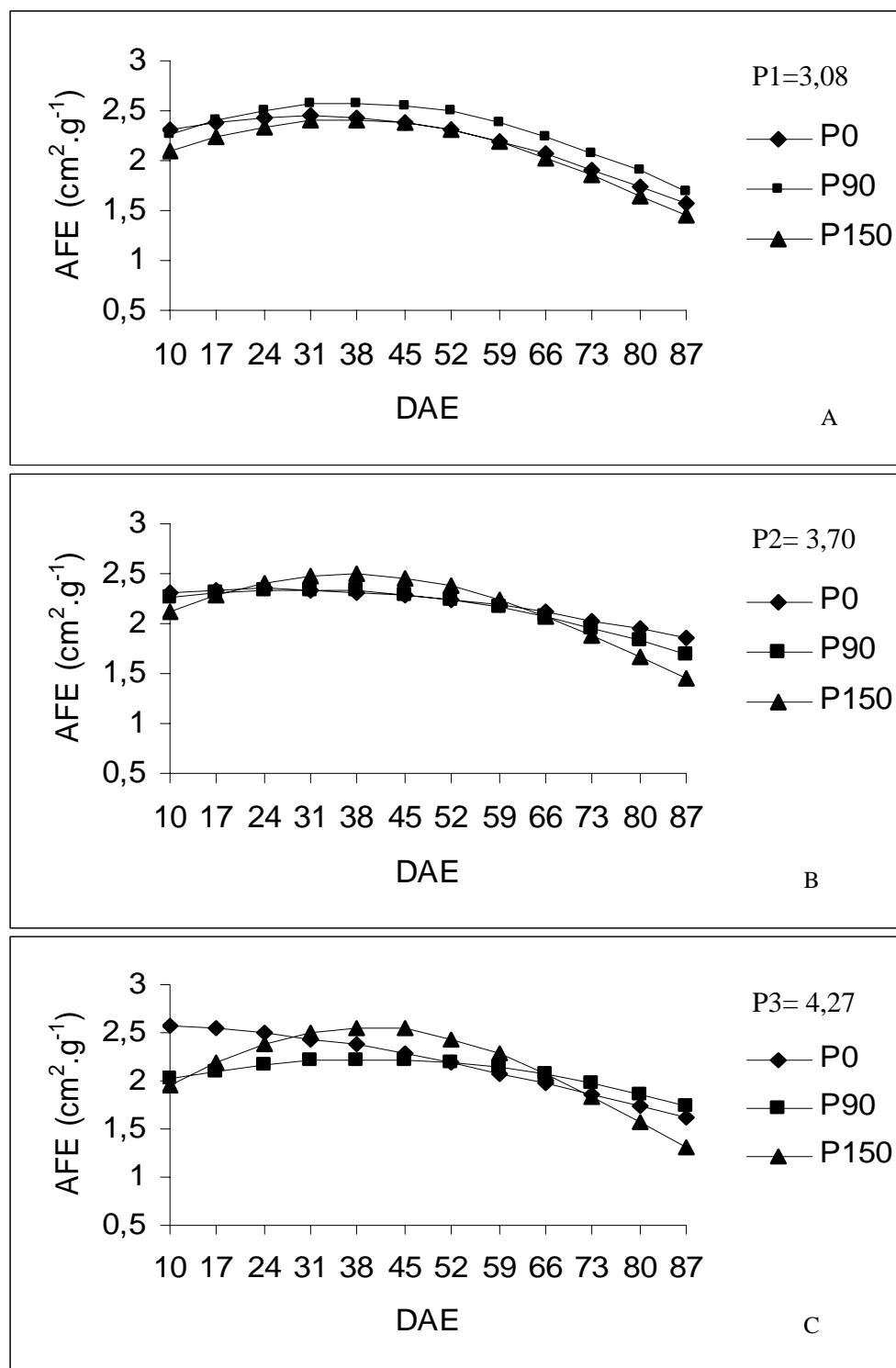


FIGURA 60: Área Foliar Específica em feijoeiro cultivar IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de fósforo na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

As razões de massa de folha (RMF) de feijoeiro, cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca, em função do teor de P nas sementes e doses de P aplicadas no solo são apresentadas no Quadro 40. O teor de P das sementes alterou a RMF aos 17, 59 e 87DAE com maiores razões para sementes com teor de P intermediário. A aplicação de P no solo causou variações na RMF aos 45, 52, 59, 66 e 87DAE, com maiores valores na ausência de adubação fosfatada. Interação significativa entre os fatores foi constatada apenas aos 24DAE (Quadro 41). Semente com menor teor de P, na ausência de adubação fosfatada, apresentou menor RMF. A ausência de adubação fosfatada resultou em menor RMF em P1. A RMF expressa a fração da matéria seca não exportada da folha e, a maior ou menor exportação pode ser uma característica genética a qual está sob influência das variáveis ambientais (BENINCASA, 2003). Assim, a adubação fosfatada promoveu uma maior eficiência de exportação dos fotoassimilados das folhas para outros órgãos da planta. Além da menor eficiência, a maior RMF observada na ausência de adubação fosfatada pode também estar relacionada ao menor crescimento da parte aérea da planta, já que esse índice foi determinado apenas com a massa de matéria seca da parte aérea e não da planta toda. Segundo Grant et al. (2001) a redução do crescimento, por efeito da deficiência de P, geralmente é maior na parte aérea da planta que nas raízes, permitindo pelo ao menos o crescimento radicular para encontrar e extrair P do solo. Contudo, no final do ciclo, as diferenças observadas na RMF deve-se provavelmente a aceleração do metabolismo vegetal em casos de suprimento adequado de P, antecipando a senescência e abscisão foliar nos tratamentos com P em relação a ausência de adubação fosfatada.

A razão de massa de sementes (RMS) variou apenas com as doses de P aplicadas no solo aos 66DAE (Quadro 42). A aplicação de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 promoveu maior RMS em relação a ausência de adubação fosfatada. O aumento da massa de matéria seca das sementes depende da remobilização de carboidratos armazenados em outras partes da planta durante o ciclo vegetativo (BROUWER & FLOOD, 1995). Assim, verifica-se uma antecipação na translocação dos fotoassimilados para as sementes, com redução da massa das folhas nos tratamentos com adubação fosfatada, conforme pode ser verificado na RMF (Quadro 40).

QUADRO 40: Razão de massa de folha em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)											
	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	80	87
P na semente g g^{-1}												
P1 (3,08)	0,75	0,79 ab	0,76	0,78	0,72	0,70	0,57	0,41 b	0,36	0,25	0,11	0,12 ab
P2 (3,70)	0,78	0,81 a	0,78	0,79	0,73	0,70	0,62	0,47 a	0,38	0,27	0,11	0,15 a
P3 (4,27)	0,79	0,77 b	0,78	0,77	0,72	0,70	0,57	0,43 ab	0,35	0,25	0,14	0,09 b
P no solo												
0	0,77	0,79	0,75	0,78	0,73	0,73 a	0,62 a	0,47 a	0,40 a	0,26	0,15	0,16 a
90	0,75	0,79	0,78	0,79	0,73	0,69 b	0,61 ab	0,41 b	0,35 ab	0,26	0,09	0,11 b
150	0,80	0,79	0,79	0,76	0,72	0,68 b	0,54 b	0,42 b	0,33 b	0,26	0,12	0,10 b
Valor de F												
P semente (Pse)	0,83 ^{ns}	3,83*	4,65*	0,18 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,97 ^{ns}	4,25*	1,11 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,70 ^{ns}	4,55*
P solo (Pso)	0,99 ^{ns}	0,35 ^{ns}	11,80**	0,44 ^{ns}	0,34 ^{ns}	4,90*	4,96*	4,74*	5,08*	0,003 ^{ns}	2,90 ^{ns}	4,73*
Pse * Pso	0,86 ^{ns}	0,43 ^{ns}	3,89*	0,27 ^{ns}	0,62 ^{ns}	2,31 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,37	0,51 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,28 ^{ns}
CV (%)	12,32	4,46	2,79	8,95	2,51	6,09	12,16	12,35	16,57	18,55	60,50	48,07

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

QUADRO 41: Razão de massa de folha (g g^{-1}) aos 24 dias após a emergência das plântulas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg^{-1})	P aplicado no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5)		
	0	90	150
P1 (3,08)	0,71 b B	0,78 a A	0,78 a A
P2 (3,70)	0,77 a A	0,77 a A	0,79 a A
P3 (4,27)	0,77 a A	0,78 a A	0,79 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

QUADRO 42: Razão de massa de sementes em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	66	73	80	87
	Dias Após Emergência			
P na semente	g g^{-1}			
P1 (3,08)	0,10	0,25	0,38	0,45
P2 (3,70)	0,08	0,24	0,38	0,41
P3 (4,27)	0,10	0,28	0,49	0,47
P no solo				
0	0,06 b	0,25	0,39	0,43
90	0,10 ab	0,25	0,39	0,45
150	0,11 a	0,25	0,47	0,45
Valor de F				
P semente (Pse)	1,16 ^{ns}	1,06 ^{ns}	3,81 ^{ns}	1,64 ^{ns}
P solo (Pso)	3,79 [*]	0,66 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Pse * Pso	0,86 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,02 ^{ns}	1,13 ^{ns}
CV (%)	59,76	30,68	29,44	20,02

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

6.2.4.2. Características fitométricas, componentes de produção e produtividade

No Quadro 43 são apresentadas as características fitométricas, componentes de produção e produtividade de sementes de feijoeiro, cv. IAC Carioca Tybatã produzido no período da seca em função do teor de P nas sementes e de doses de P aplicadas

no solo. A altura de inserção da primeira vagem aumentou com o acréscimo das doses de P aplicadas no solo. Dentre os sintomas da deficiência de P, Grant et al. (2001) mencionam a redução da altura da planta pela formação de caules mais curtos e finos. A maior altura de inserção da primeira vagem, é uma característica importante, pois reduz as perdas na colheita e possibilita a obtenção de sementes de melhor qualidade (COLICCHIO et al., 1997). A altura de inserção da primeira vagem obtida para essa cultivar está acima dos valores de inserção relatadas por Ramos Júnior (2002) para várias cultivares de feijoeiro. Segundo Pompeu (2001) essa cultivar apresenta porte semi-ereto que facilita todo o manejo da cultura, incluindo a possibilidade de colheita mecanizada.

O comprimento de vagens, o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem também aumentaram com a aplicação de fósforo no solo. Segundo Fageria et al. (2003), a adubação fosfatada favorece o número de vagens por planta e a massa de 100 sementes, que são os principais determinantes do aumento da produtividade. Contudo, a massa de 100 sementes não foi alterada pelo teor de P nas sementes, doses de P aplicadas no solo e pela interação desses fatores. Vidal & Junqueira Neto (1982) observaram aumento na massa de matéria seca de 100 sementes em função da adubação fosfatada, porém trabalharam com as cultivares Carioca e Jalo. Zucareli et al. (2003b) ao avaliarem os componentes de produção do feijoeiro IAC Carioca, em função de doses crescentes de P aplicadas no solo, não constataram efeito sobre o comprimento de vagens, o número de sementes por vagem e a massa de 100 sementes, entretanto obtiveram respostas significativas para o número de vagens por planta.

Interação significativa entre os fatores foi observada para a população final de plantas (Quadro 44). Sementes com menor teor de P (P1) resultaram em menor população de plantas na ausência de adubação fosfatada e na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A ausência de adubação fosfatada proporcionou menor população final de plantas em sementes com menor teor de P. Vieira et al. (1987) também obtiveram menor população final de plantas a partir de sementes provenientes de plantas não adubadas em relação as originadas de plantas adubadas com macro e macro+micronutrientes. Contudo, Vieira (1986b) observaram menor população final de plantas em sementes provenientes de plantas não adubadas somente em casos de déficit hídrico após a semeadura e, ressalta que esse resultado variou com a cultivar

avaliada. Ao avaliarem os componentes de produção em função do aumento de doses de P aplicados no solo, Zucareli et al. (2003b) não obtiveram respostas significativas quanto a população de plantas, porém relatam que o aumento nas doses de P mostrou tendência em favorecer o estabelecimento da cultura, reduzindo a perda de plantas durante o ciclo. Neste caso, o aumento das doses de P favoreceu a população de plantas apenas em sementes com menor teor de P.

QUADRO 43: Altura da inserção da primeira vagem (AI), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100), produtividade e população de planta em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente (g kg^{-1}) e de doses de P aplicadas no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5).

Tratamento	AI (cm)	CV (cm)	Vagem/ Planta	Semente/ Vagem	M100 (g)	Pop (plantas ha^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})
P na semente							
P1 (3,08)	20,06	7,88	9,13	4,03	19,49	207866	1341,31
P2 (3,70)	22,80	7,93	9,53	4,41	19,42	255200	1674,37
P3 (4,27)	22,47	8,21	8,80	4,35	19,21	260000	1674,27
P no solo							
0	17,13 c	7,58 b	7,53 b	3,99 b	18,56	222533	1195,09 b
90	22,20 b	8,14 a	9,46 a	4,29 ab	20,06	250133	1648,04 a
150	26,00 a	8,31 a	10,47 a	4,51 a	19,48	250400	1846,82 a
Valor de F							
P semente (Pse)	2,57 ^{ns}	2,69 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,09 ^{ns}	18,92 ^{**}	2,77 ^{ns}
P solo (Pso)	22,88 ^{**}	12,58 ^{**}	9,47 ^{**}	3,26 ^{**}	2,47 ^{ns}	5,84 ^{**}	8,34 ^{**}
Pse * Pso	0,68 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,67 ^{ns}	4,24 ^{**}	0,75 ^{ns}
CV (%)	16,54	5,20	20,50	13,10	9,60	10,64	28,64

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns, *, **= não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

QUADRO 44: População de plantas em feijoeiro, cultivar IAC Carioca Tybatã, produzido na época da seca em função do teor de P na semente e de doses de P aplicadas no solo.

Teor de P na semente (g kg^{-1})	P aplicado no solo (kg ha^{-1} de P_2O_5)		
	0	90	150
P1 (3,08)	161600 b B	242800 a A	219200 a B
P2 (3,70)	251600 a A	260800 a A	264400 a A
P3 (4,27)	254400 a A	246800 a A	267600 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de sementes não foi alterada pelo teor de P das sementes, discordando dos resultados obtidos por Silva et al. (2003b) que relatam aumento linear da produtividade de sementes de feijoeiro em função do teor de P das sementes, contudo esses autores avaliaram teores mais amplos de P nas sementes, outro cultivar e, sob condições diferentes de condução do experimento. A aplicação de P no solo, independentemente da dose, promoveu maior produtividade de sementes em relação a ausência de adubação fosfatada, confirmando os relatos de Arf (1994) de que o P é o nutriente que mais influi na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros. Assim, o aumento da produtividade do feijoeiro com a adubação fosfatada tem sido constatado também por outros autores (VIDAL & JUNQUEIRA NETO, 1982, OLIVEIRA et al., 1987, FAGERIA, 1989, SILVEIRA & MOREIRA, 1990, OLIVEIRA et al., 1996, FAGERIA, 1998, SILVA et al., 2001, SILVA et al., 2003b). Contudo, segundo Pereira & Bliss (1989) e Youngdahl (1990) existe variabilidade fenotípica para as respostas a adição de P na produção de sementes de feijoeiro. Em decorrência dessas variações, a recomendação de adubação deve considerar o nível de tecnologia do produtor, de modo a se obter o potencial máximo de cada cultivar (OLIVEIRA et al., 1987). Segundo Fageria et al. (2003) existe uma associação altamente significativa entre a produtividade de sementes e a massa de matéria seca da parte aérea da planta. Neste aspecto, assim como a produtividade, as maiores massas de matéria seca da parte aérea neste estudo também foram verificadas com a aplicação de P no solo (Quadro 38). O aumento do número de vagens por planta e número de sementes por vagem em função da adubação fosfatada foram determinantes no incremento observado na produtividade de sementes.

6.3. Considerações finais

O feijoeiro é cultivado no Brasil em diferentes épocas e nos mais variados sistemas de cultivo. Na época das águas, a umidade do solo e a temperatura do ar favorecem o desenvolvimento da cultura, proporcionando maiores rendimentos, já na época da seca o desenvolvimento geralmente é prejudicado pela escassez de precipitação pluvial.

Assim, a caracterização climática de uma região permite definir os períodos mais favoráveis para uma cultivar expressar plenamente seu potencial genético (MEIRELES et al., 2000). Para a cultivar Carioca Precoce, na fase de produção de sementes, observou-se variações nos parâmetros avaliados de acordo com a época de cultivo. Essas alterações, provavelmente, estão associadas principalmente às variações de temperatura e de precipitação pluvial entre os períodos de cultivo (Figuras 1 e 2). No período das águas, a quantidade de chuva foi menor no período vegetativo, durante o florescimento e no início da fase reprodutiva da cultura em relação ao período da seca, contudo, no final da fase reprodutiva ela foi maior no período das águas. As temperaturas no período das águas aumentaram durante o ciclo da cultura, sendo menor na fase vegetativa e maior na reprodutiva. Já no cultivo da seca, as temperaturas da fase vegetativa foram maiores àquelas observadas na fase reprodutiva. Assim, uma maior diferenciação entre as épocas de cultivo, principalmente na produtividade e na composição química das sementes, poderia ter sido observada se a semeadura do cultivo das águas fosse realizada mais tardiamente, quando a precipitação pluvial e a temperatura fossem maiores, beneficiando principalmente o desenvolvimento vegetativo da cultura, parâmetro esse que afeta diretamente a sua produtividade. A menor precipitação pluvial na fase vegetativa pode também ter interferido na absorção de nutrientes, comprometendo a expressão do efeito da adubação fosfatada sobre a composição química das sementes. A máxima resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo tem sido observada em condições hídricas adequadas (ROSOLEM, 1987 e OLIVEIRA et al., 1996). Essa cultivar apresenta ciclo curto e desenvolvimento inicial rápido intensificando ainda mais os efeitos das condições adversas em função do período reduzido para compensação do crescimento.

Em relação ao cultivar IAC Carioca Tybatã, também foram observadas alterações nos parâmetros avaliados em função da época de cultivo. As variações climáticas observadas durante os períodos de cultivo da cultivar IAC Carioca Tybatã (Figuras 1 e 2) foram os mesmos observados para a cultivar Carioca Precoce. Contudo, aquela cultivar apresenta maior ciclo fenológico e desenvolvimento inicial lento. Assim, apesar da menor precipitação pluvial durante a fase vegetativa no período das águas, o alongamento da fase vegetativa devido ao maior ciclo da cultura fez com que o florescimento coincidissem com o início das precipitações pluviais que mantiveram-se durante a fase reprodutiva. Entretanto, durante a fase vegetativa no período da seca, a precipitação pluvial não foi fator limitante,

porém, no florescimento e durante a fase reprodutiva a precipitação pluvial foi reduzida. A disponibilidade de água neste caso, mostra-se como principal fator responsável pelas variações observadas nos parâmetros avaliados, principalmente na composição química das sementes e na produtividade de sementes que ficou abaixo do potencial produtivo da cultivar, principalmente na época das águas.

As cultivares de feijão respondem diferentemente às alterações do meio ambiente, principalmente à temperatura do ar, umidade e características físico-químicas do solo (ZIMMERMAM et al., 1996). Assim, provavelmente, as cultivares apresentem respostas diferenciadas tanto dentro como entre as épocas de cultivo. Apesar das variações particularizadas, observa-se resposta do feijoeiro a adubação fosfatada, principalmente pelo incremento na produtividade e pelo aumento do teor de P nas sementes. Entretanto, as doses de P avaliadas foram baixas impedindo as cultivares de mostrar seu máximo potencial de resposta à adubação fosfatada, assim como para o teor de P nas sementes, à exceção da cultivar Carioca Precoce cultivada no período da seca. As produtividades acima da média da região, observadas na ausência de adubação fosfatada, e as respostas lineares da produtividade demonstram que as cultivares avaliadas são eficientes na absorção de P e responsivas à adubação fosfatada. Assim, respostas mais significativas, principalmente com relação à composição química e qualidade fisiológica das sementes, poderiam ter sido obtidas com a utilização de cultivares menos eficientes, porém, responsivas à aplicação de P. Entretanto, essas cultivares são novas no mercado não dispendo ainda de informações relacionadas a adubações específicas.

O maior desenvolvimento da cultura, em função da adubação fosfatada com maior produção massa de matéria seca, como observado na produtividade de sementes, pode também ser a causa das diferenças particularizadas que foram constatadas na composição química das sementes, principalmente em função do efeito de diluição comumente observado. Outro fator que pode ter interferido, principalmente na manutenção da qualidade fisiológica, é a estratégia de sobrevivência das plantas, priorizando a qualidade das sementes em detrimento da quantidade produzida. Embora a composição química tenha sido alterada em alguns casos, as modificações nos teores de nutrientes e nas porcentagens de proteína e açúcares não se refletiram na qualidade fisiológica avaliada após a colheita, contudo, os efeitos da nutrição das

plantas sobre a qualidade da semente são comumente observados após algum período de armazenamento.

A correção do solo, antes da instalação dos experimentos, pode também ter contribuído para minimizar os efeitos da adubação fosfatada por melhorar as condições do solo e, conseqüentemente, favorecer a disponibilização do P, possibilitando o desenvolvimento satisfatório da cultura mesmo em solo com baixo nível desse nutriente, como observado na análise de solo realizada antes da calagem.

Na avaliação do desempenho das sementes também foram observadas variações nos parâmetros avaliados em função da época de cultivo. A cv. Carioca Precoce resultou em maior TCC e maior produtividade de sementes na avaliação das sementes produzidas no período das águas, ou seja, quando o feijoeiro foi cultivado no período da seca, em relação a avaliação das sementes produzidas na época da seca e avaliada no cultivo das águas. Normalmente, o cultivo das águas favorece o desenvolvimento da cultura e proporciona maiores rendimentos em função da umidade do solo e da temperatura do ar. Neste caso, as menores TCC e produtividade na avaliação das sementes produzidas no período da seca possivelmente esteja relacionada às condições de temperatura que mostraram-se elevadas, principalmente na fase inicial de desenvolvimento da cultura (Figura 4). Segundo Meireles et al (2000) as condições ideais de temperatura diurna para o bom desenvolvimento da cultura situa-se entre 25 e 30°C, contudo, foram constatadas temperaturas médias acima de 25°C. Outro fator que pode ter contribuído para o maior desenvolvimento da cultura na avaliação das sementes produzidas no período das águas foi a maior precipitação pluvial ocorrida nas primeiras semanas após a semeadura, gerando um melhor desenvolvimento inicial da planta, com efeitos cumulativos no decorrer do ciclo. Para a cultivar IAC Carioca Tybatã, as variações na TCC e na produtividade não foram tão contrastantes em função da época de cultivo. A precipitação pluvial favoreceu a produtividade de sementes na avaliação das sementes produzidas no período da seca, pois como pode ser verificado na Figura 3, a mesma foi baixa, principalmente durante o período reprodutivo na avaliação das sementes produzidas no período das águas. As diferenças entre as cultivares estão associadas principalmente ao ciclo das mesmas e a diferença na data de semeadura na avaliação das sementes produzidas nas águas, pois em função do ciclo menor e da semeadura antecipada, a cultivar Carioca Precoce foi menos afetada pela precipitação pluvial.

Nas duas épocas de cultivo, principalmente para a cultivar Carioca Precoce, a adubação fosfatada promoveu aceleração do metabolismo vegetal, constatado por meio dos índices biométricos e fisiológicos, favorecendo a produção de folhas e a expansão foliar, porém antecipando a senescência das mesmas e, reduzindo o ciclo da planta.

Em função da necessidade da cultura, certamente a quantidade de P contida nas sementes não é suficiente para a planta de feijão concluir seu ciclo, contudo, em solos com baixa disponibilidade de P, as reservas da semente podem contribuir para o desenvolvimento inicial da planta. Assim, resultados diferentes poderiam ter sido obtidos com a avaliação do desempenho das sementes com diferentes teores de P em solos com menor disponibilidade deste nutriente, pois mesmo apresentando níveis baixos de P, a quantidade disponível foi suficiente para a planta se desenvolver e não demonstrar os efeitos das reservas internas.

Vários trabalhos tem demonstrado os efeitos das reservas internas de P sobre o desenvolvimento da planta, contudo, além da disponibilidade inicial de P no solo deve-se considerar as diferenças genotípicas entre cultivares, os teores internos avaliados e a variação entre os mesmos. A não detecção dos efeitos do teor de P das sementes neste estudo pode estar relacionada ao teor de P das sementes, que mesmo no nível considerado baixo foi suficiente para o estabelecimento inicial da planta, pois não foram estabelecidos, ainda, os limites críticos de acúmulo de nutrientes nas sementes. O período decorrido da semeadura até a primeira amostragem (10 DAE) também pode ter contribuído para a não observação dos efeitos das reservas de P na semente, pois em virtude da disponibilidade inicial de P no solo, nesse período pode ter ocorrido compensação no desenvolvimento das plantas provenientes de sementes com menor teor de P.

Deve-se considerar ainda, que a maioria dos trabalhos realizados utilizaram-se da adubação foliar para incrementar o teor de P nas sementes, onde o P é aplicado na fase de formação e enchimento das vagens, favorecendo o direcionamento do nutriente para as vagens e não para o crescimento vegetativo, o que possibilita a obtenção de teores mais elevados de P na semente. Entretanto, neste estudo, em função das respostas lineares na produtividade e na acumulação de P nas sementes, a aplicação de doses maiores de P no solo na fase de produção talvez possibilitasse a obtenção de sementes com teores maiores de P para essas cultivares.

7. CONCLUSÕES

- √ A adubação fosfatada favoreceu a produtividade de sementes em ambas as cultivares e épocas de cultivo;
- √ A aplicação de P no solo aumentou o teor de P nas sementes em ambas as cultivares, com respostas lineares para o cultivo das águas e quadrática para o período da seca;
- √ Os teores de nutrientes, proteínas e açúcares, total e redutor, foram alterados pelas doses de P aplicadas no solo, com respostas variáveis em função da cultivar e das épocas de cultivo;
- √ Em ambas as cultivares e épocas de cultivo, a qualidade das sementes não foi alterada pela aplicação de P no solo;
- √ O teor de P nas sementes não exerceu efeito sobre o desempenho das plantas no campo, para ambas as cultivares e épocas de cultivo.
- √ Independentemente do teor de P nas sementes, a adubação fosfatada alterou os índices biométricos e fisiológicos do crescimento da planta, as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de sementes, com resultados variáveis em função da época de cultivo e cultivar.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.C.F. **Comparação de dois cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) através da análise de crescimento**. 1999. 118p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Botucatu, 1999.

ANDRADE, W.E.B. et al. **Avaliação da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro submetidas à adubação NPK**. PESAGRO-RIO, v.248, n.1/5, 1999. (Comunicado Técnico).

AMBROSANO, E.J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. V. et al. **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, p.194-195, 1996.

ANUÁRIO ABRASEM. Estatística da produção. Brasília: ABRASEM, 2005, p14-19.

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists Inc., 1990. 684p.

AOSA- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEEDS ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing, 1983. 93p. (Contribution, 32).

ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.163-203.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Ontogenetic variations on absorption and utilization of phosphorus on common bean cultivars under biological nitrogen fixation. **Plant Soil**, n.225, p.1-10, 2000.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. 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.115-117.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.35, p.809-817, 2000.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; LIMA, E.R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Rev. Bras. Ci. Solo**. v.26, p.183-189, 2002.

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.

ARTHUR, T.J., TONKIN, J.H.B. Testando o vigor da semente. **Inf. ABRATES**, Londrina, v.1, n.3, p. 38-42, 1991.

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

BARREIRO, A.P. et al. Açúcares totais e redutores em sementes de feijão cv. IAC Carioca em função de doses de fósforo. **Inf. ABRATES**, v.13, n.3, p.73, 2003.

BATTEN, G.D. The uptake and utilization of phosphorus and nitrogen by diploid, tetraploid and hexaploid wheats (*triticum* spp.) **Ann. Bot.**, v.58, p.49-59, 1986.

BENINCASA, M.P.M. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

BERGAMASCHI, H. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. análise de crescimento e fenologia. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.23, n.7, p.733-743, 1988.

BERGER, P.G. et al. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. **Rev. Ceres**, v.30, n.169, p.211-23, 1983.

BOARO, C.S.F. **Influência da variação dos níveis de magnésio sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), em cultivo hidropônico**. 1986, 163p. Dissertação (Mestrado em Ciência Biológicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Botucatu, 1986.

BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/CLAV, 1992. 364p.

BRITOS, E.R.A. **Estudo da importância de alguns caracteres no rendimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) visando a eficiência da seleção de cultivares para o sudoeste do Rio Grande do Sul**. 1985, 75p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1985.

BROUWER, J.B.; FLOOD, R.G. Aspects of oat physiology. In: WELCH, R.W. **The oat crop: production and utilization**. 1995, p.177-222.

BROWN, R.H. Growth of the green plant. In: TESAR, M.B. **Physiological basis of the crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy & Crop science society of America, 1984, p. 153-174.

BURRIS, J.S. Seed/Seedling vigor and field performance. **J. Seed Technol.**, Lansing, v.1, p.58-74, 1976.

CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p.1-30.

CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R., PACOLA, A.A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”**. Botucatu, 1983. 95p. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CHAPIN, F.S.; GROVES, R.H.; EVANS, L.T. Physiological determinants of growth rate in response to phosphorus supply in wild and cultivated Hordeum species. **Oecologia**, v.79, p.96-105, 1989.

CHAVERRA, M.H.; GRAHAM, P.H. Cultivar variation in traits affecting early nodulation of common bean. **Crop. Sci.**, v.20, p.1432-1436, 1992.

CHIARADIA, A.C.N.; GOMES, J.C. **Feijão: química, nutrição e tecnologia**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997, 180p.

CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Programa de frijol**. Informe anual, 1986. 341p.

CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Ann. Rev. Plant. Physiol.**, v.36, p.77-115, 1985.

COLICCHIO, E.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho de grãos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.32, p.297-304, 1997.

COSTA, J.G.C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIM, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.28, n.2, p.159-167, 1983.

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **Hort Science**, Alexandria, v.15, n.6, p.775-780, 1980.

DORNBOS JÚNIOR, D.L. Production environment and seed quality. In: BASRA, A.S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1995. p. 119-152.

DOURADO, M.C.; SILVA, T.R.B.; BOLONHEZI, A.C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria júncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Sci. Agri.**, v.58, n.2, 2001.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.**, v.28, n.3, p.350-358, 1956.

ELLIS, R.H. Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. **Plant Growth Regul.**; v.11, n.3, p.249-255, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro**. 2ed. Goiânia, 1985. 40p. (EMBRAPA-CNPAF, Circular técnica, 13)

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FAGERIA, N.K. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. **Trop. Agric.** v.66, n.3, p.249-255, 1989.

FAGERIA, N.K. Response of Cowpea to phosphorus on oxisol with special reference to dry matter production and mineral ion contents. **Trop. Agric.**, v.68, n.4, p.384-388, 1991.

FAGERIA, N.K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, v.2, n.2, p.128-131, 1998.

FAGERIA, N.K., SANTOS, A.B. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, n.2, p.124-127, 1998.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; STONE, L.F. Resposta do feijão a adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Inf. Agronômicas, POTAFÓS**, n.102, p.8-9, 2003.

FEIL, B.; THIRAPORN, R.; STAMP, P. Can maize cultivars with low mineral nutrient concentrations in the grains help to reduce the need for fertilizers in third world countries? **Plant Soil**, v.146, p.227-231, 1992.

FEITOSA, C.T. et al. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.4, p.156-159, 1980.

FINCH-SAVAGE, E.W. Influence of seed quality on crop establishment, growth, and yield. In: BASRA, A.S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1995. p. 362-384.

FOHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. A phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different species. **Plant Soil**, v.110, p.101-109, 1988.

FORNASIERI FILHO, D. et al. Efeito do fósforo e do zinco sobre a composição mineral e qualidade fisiológica das sementes de milho pipoca. **Rev. Bras. Sementes**, v.10, n.1, p.43-53, 1988.

FREEDEN, A.L.; RAO, I.M.; TERRY, N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glicine max*. **Plant Physiol.**, v.89, p.225-230, 1989.

GATES, C.T.; WILSON, J.R. The interaction of nitrogen and phosphorus on the growth, nutrient status and nodulation of *stylosanthes humilis* H.B.K. (townsville stylo). **Plant. Soil.** v.41, p.325-333, 1974.

GNIAZDOWSKA, A. et al. Low phosphorus nutrition alters bean plants ability to assimilate and translocate nitrate. **J. Plant Nutr.**, v.22, p.278-89, 1990.

GOMES, A.A. et al. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.10, p.1927-1937, 2000.

GOYA, P.G.R.; SADER, R. Efeito da adubação fosfatada na qualidade de sementes de girassol da cv. IAC-Anhandy. **Rev. Bras. Sementes**, v.12, n.3, p.17-27, 1990.

GRANT, C.A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Inf. Agronômicas**, POTAFÓS, n.95, p.1-5, 2001.

HAAG, H.P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v.26, p.381-391, 1967.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Aust. J. Soil Res.**, v.35, p.227-239, 1997.

ISRAEL, D.W. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. **Plant. Physiol.**, v.84, p.835-840, 1987.

JACOB NETO, J.; ROSSETTO, C.A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p.171-183, 1998.

KANNAN, S. **Crops as enhancers of nutrient use**. Academic Press, San Diego, 1990. p. 313-348.

KASAI, F.S.; ATHAYDE, M.L.F.; GODOY, I.J. Adubação fosfatada e épocas de colheita do amendoim: efeitos na produção de óleo e proteína. **Bragantia**, v.57, n.1, p.163-168, 1998.

KRZYZANOWSKI, F.C., FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes. **Inf. ABRATES**, Londrina, v.11, n.3, p. 81-84, 2001.

LIMA, E.R., et al. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente obtido via adubação foliar na nodulação e crescimento do feijoeiro. In: Fertibio, 2000 . Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria-RS, 2000. 1 CD ROM.

LIMA, E.R. et al. Efeito do suprimento de fósforo na senescência foliar do feijoeiro. In: Fertibio, 2002. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. 1 CD RON.

LOTT, J.N.A. Accumulation of seeds reserves of phosphorus and other minerals. In: MURRAY, D.R., ed., **Seed Physiology**. New York: Academic Press, 1984. p.139-166.

LYNCH, J.; LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Sci.** v.31, p.380-7, 1991.

MACHADO, J.S. et al. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados em oxissolos. **Ciência Prática**, Lavras, v.32, n.2, p.101-106, 1979.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba:POTAFÓS, 1989. 201p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES, 1999. p.3.1-3.24.

MARUBAYASHI, O.M., et al. Adubação fosfatada, produção e qualidade de sementes de populações de amendoim. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.32, n.9, p.885-92, 1997.

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.

MENDES, J.E.M.F. et al. Crescimento e acúmulo de fósforo em plantas de fava em resposta a doses de fósforo e calcário em Latossolo amarelo. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003. 1 CD ROM.

MODA-CIRINO, V. et al. Escolha e zoneamento de cultivares. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, n.63, 1989. p.43-51

MORAIS, O.M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de tritcale em função de fontes de fósforo. In: Fertibio, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. 1 CD ROM.

MOREIRA, J.A.A. **Efeitos da tensão de água no solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e a produtividade do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1993, 100p. Tese (Doutorado em Agronomia-Irrigação e Drenagem) –Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, 1993.

- MUGNISJAH, W.Q.; NAKAMURA, S. Vigour of soybean seed produced from different harvest date and phosphorus fertiliser application. **Seed Sc. & Technol.**, v.12, p.483-491, 1984.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.48-85.
- NAKAGAWA, J.; ROSOLEN, C.A.; MACHADO, J.R. Efeitos da adubação fosfatada no vigor das sementes de amendoim. **Rev. Bras. Sementes**, v.2, n.1, p.67-74, 1980.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; GUISTEM, J.M. Efeito da adubação fosfatada e potássica no teste de condutividade elétrica de sementes de aveia preta. **Rev. Bras. Sementes**, v. 23, n.2, p.302-308, 2001.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of the somogy method for the determination of glucose. **J. Chem. Biology**, v.153, p.375-380, 1944.
- OLIVEIRA, I.P. et al. Avaliação de cultivares de feijão quanto a eficiência no uso de fósforo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.22, n.1, p.39-45, 1987.
- OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.170-221.
- OLIVEIRA, R.H. et al. Análise de crescimento de triticale submetido a diferentes doses de uréia. **Cultura Agrônômica**, Ilha solteira, v.10, n.1, p.171-182, 2001.
- ORSBON, T.C.; BURROW, M.; BLISS, F.A. Purification and characterization of arcelin seed protein from common beans. **Plant Physiology**, v.86, p.399, 1988.

PÁDUA, G.P. Vigor de sementes e seus possíveis efeitos sobre a emergência em campo e a produtividade. **Inf. ABRATES**, Londrina, v.8, n.1/2/3, p.46-49, 1998.

PELÁ, A. et al. Aplicação de fósforo via foliar durante o desenvolvimento do feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003. 1 CD ROM.

PARRA, M.S.; MIRANDA, G.M. Uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Uso de fertilizantes na agricultura**. Londrina: IAPAR, 1980, p.55-60. (Circular 16).

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 Soil**, v.104, p.79-84, 1987.

PEREIRA, P.A.A.; BLISS, F.A. Selection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for N₂ fixation at different levels of available phosphorus under field environmentally-controlled conditions. **Plant Soil**, v.115, p.75-82, 1989.

PERRY, D.A. Report of the Vigour Committee, 1974-1978. **Seed Sci. Technol.**, v.6, p.159-81, 1978.

POMPEU, A.S. IAC Carioca Tibatã: o feijoeiro da fartura. **O Agrônomo**, Campinas, v.53, n.2, p.21-22, 2001.

POLLOCK, B.M.; ROSS, E.E. Seed and seedling vigour. In: KOSLOWSKI, T.T. **Seed Biology**, v. 1, p.317-387, 1972.

PORTES, T. A; CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional. **Rev. Bras. Fis. Veg.**, v. 3, n. 1, p53-6, 1991.

POTAFÓS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Funções do fósforo na planta. **Inf. Agronômicas**, n.97, p.2, 2002.

PUTEH, A.B.; SULEIMAN, I.; CHIN, H.F. Effects of initial seed quality on yield, yield components, and quality of harvested seeds of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). In: ISTA CONGRESS SEED SYMPOSIUM, 24, Copenhagen, Denmark 1995. **Proceedings...** Copenhagen: ISTA, 1995, p.47.

RABOY, V.; DICKINSON, D.B. Phytic acid levels in seeds of *Glycine max* and *G. soja* as influenced by phosphorus status. **Crop Sci.**, v.33, p.1300-1305, 1993.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 1993. 271p.

RAMOS JÚNIOR, E. U. **Componentes do rendimento, qualidade de sementes e características tecnológicas em cultivares de feijoeiro**. 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura)- Faculdade de Ciências Agronômicas -UNESP, Botucatu, 2002.

RAMOS JÚNIOR, E.U. et al. Adubação fosfatada e teores de nutrientes em sementes de feijão cv. IAC Carioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003a. 1 CD ROM.

RAMOS JÚNIOR, E.U. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. IAC Carioca em função de doses de fósforo. **Informativo ABRATES**, v.13, n.3, p.277, 2003b.

ROBERTS, E.H. Quantifying seed deterioration. In:_____ **Physiology of seed deterioration**. Madison: ASA, 1986. p.101-123. (Special publication, 11).

RODRIGUES, S.D. **Análise de Crescimento de plantas de soja (*Glycine max L. Merrill*) submetidas à carências nutricionais**. 1982, 165p. Dissertação (Mestrado), UNESP, Rio claro, 1982.

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 Soil.**, v.200, p.227-240, 1998.

ROSA, C.A. **Efeitos alelopáticos de (*Brachiaria plantaginea (Link) Hitchcock*) sobre o crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L. cv. Carioca*)**. 1993, 141p. Dissertação (mestrado) – UNESP, Botucatu, 1993.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. 93p.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O. **Seja doutor do seu feijoeiro**. POTAFÓS, v.68, n.7, p.1-16, 1994.

ROSSETTO, C.A.V. & NAKAGAWA, J. Índices da análise de crescimento em funções das condições de cultivo de aveia preta. **Rev. Agricultura**, Piracicaba, v.76, p.245-265, 2001.

ROSSETTO, C.A.V. et al. Embebição de sementes de soja em solução de fosfato de potássio. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.37, n.3, p. 385-392, 2002.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.65-98.

SALUM, J.D. et al. Adubação residual com fósforo nos componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Inf. ABRATES**, v.13, n.3, p.319, 2003.

SALUM, J.D. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão IAC Carioca Tybatã em função da adubação fosfatada residual. In: Fertibio, 2004. Lages-SC. **Anais...** Lages-SC, 2004. 1 CD ROM.

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

SATHE, S.K.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D.K. Dry beans of phaseolus: a review. I-Chemical composition: protein. **CRC Crit Rev. Food Sci. Nutr.** 20p., 1984.

SCHUCH, L.O.B. et al. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Rev. Bras. Sementes**, v.21, p.127-134, 1999.

SCHUCH, L.O.B. et al. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agric.**, v.57, p.305-12, 2000.

SILVA, E.B.S.; RESENDE, J.C.F.; CINTRA, W.B.R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.973-977, 2001.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litólico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Agroc.**, v.8, n.2, p.129-132. 2002.

SILVA, A.J. et al. Resposta de Caupi a doses e formas de aplicação de P em um Latossolo do cerrado de Roraima: 2- Componentes de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003a. 1 CD ROM.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C.; PESKE, S.T. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo nas sementes. **Rev. Bras. Agric.**, v.9, n.3, p.247-250, 2003b.

SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.14, p.63-7, 1990.

SINGH, S.P. et al. Selection for yield at two fertilizer levels in small-seeded common bean. **Canadian J. Plant Sci.**, v.69, p.1011-1017, 1989.

SNAPP, S.S.; LYNCH, J.P. Phosphorus distribution and remobilization in bean plants as influenced by phosphorus nutrition. **Crop. Sci.**, v.36, p.929-935, 1996.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, L. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. **Inf. Agronômicas, POTAFÓS**, n.102, p.1-16, 2003. (Encarte técnico)

STONE, L.F.; PORTES, T.A.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro II. Crescimento. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.23, n.5, p. 503-510, 1988.

STONE, L.F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão**: recomendações técnicas. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 83p. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 48).

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo na semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1995, 205p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguai, 1995.

TEIXEIRA, M. G. et al. Efeito do conteúdo de fósforo na semente sobre a produção de matéria seca em cultivares de feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996. Goiânia. **Resumos expandidos...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1996. p.112-14.

TEIXEIRA, M.G.; ARAÚJO, A.P. Aumento do teor de P em sementes de feijoeiro através da adubação foliar. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, 1999, Salvador. **Resumos expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p.756-59.

TEIXEIRA, M.G.; ARAÚJO, A.P. Aumento do teor de P em sementes de cultivares de feijoeiro via adubação foliar sob duas doses de fósforo no solo. In: Fertibio, 2002. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. 1 CD ROM.

TEIXEIRA, M.G. et al. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **J. Plant, Nutri.**, v.22, p.1599-1611, 1999.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigour to crop yield: a review. **Crop Sci.**, v.31, p.816-22, 1991.

THONSON, B.D.; BELL, R.W.; BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depresses early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurru). **Journal plant Nutrition**, v.14, p.1355-1367, 1991.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, I. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977, 224p.

TRIGO, L.F.N. et al. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.111-115. 1997.

TROMBETA, N.V. Sementes melhoradas: fator de redução de riscos na agricultura. **Anuário ABRASEM**, Brasília, 1994. p.12-16.

URCHEI, M.R. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho Escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. 1996. 131p. Tese

(Doutorado em Agronomia- Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Botucatu, 1996.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VANZOLINI, S. **Relações entre o vigor e testes de vigor com o desempenho das sementes e das plântulas de soja (*Glycine max (L.) Merril*) em campo**. 2002, 96p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal, 2002.

VASCONCELLOS, J.E.C.; VECHI, V.A. Feijão Carioca Precoce. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/catiresponde/cr45feijaocarioca.htm>. Acesso em: 30 jan. 2005.

VIDAL, L.S., JUNQUEIRA NETO, A.J. Efeito da densidade de plantas e de doses de fósforo sobre algumas características de duas cultivares de feijão. **Ciência Prática**, v.6, n.2, p.195-207, 1982.

VIEIRA, R.F. Influência de teores de P no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ceres**, v.33, n. 186, p.173-188. 1986a.

VIEIRA, R.F. Desempenho de sementes de feijão provenientes de diferentes níveis de adubação. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.21, n. 11, p.1161-1168. 1986b.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 1994. 164p.

VIEIRA, R.F.; FONTES, R.A.; CARVALHO, J.R.P. Desempenho de sementes de feijão colhidas de plantas não adubadas, adubadas com macronutrientes e com macro + micronutrientes. **Rev. Ceres**, v.34, n.192, p.162-179. 1987.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.21-4.26.

VIEIRA, E.H.N.; COSTA, J.L.S.; LOPES, J.O. Controle de qualidade da lavoura. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de Feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. p.91-111.

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

YOUNGDAHL, L.J. Differences in phosphorus efficiency in bean genotypes. **J. Plant. Nutr.**, v.13, p.1381-1392, 1990.

YOKOYAMA, L.P. et al. Sementes de feijão: Produção, uso e comercialização. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de Feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. p.249-270.

ZHANG, M., NYBNORG, M.E., MCGILL, W.B. Phosphorus concentration in barley (*Hordeum vulgare* L.) seed: influence on seedling growth and dry matter production. **Plant and Soil**, v.122, p. 79-83. 1990.

ZIMMERMAM, M.J.O. et al. Melhoramento genético e cultivares. In: In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.223-273.

ZUCARELI, C. et al. Adubação fosfatada e tamanho na qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Carioca Precoce. **Inf. ABRATES**, v.13, n3, p.271, 2003a.

ZUCARELI, C., et al. Componentes de produção e produtividade de sementes de feijão cv. IAC Carioca em função da adubação fosfatada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003b. 1 CD ROM.