

Doutorado em Recursos Naturais

**ALTERAÇÕES ESPECTRAIS, AGRONÔMICAS, DE
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO AMENDOIM
CAUSADAS POR DOSES DE CÁLCIO E FÓSFORO EM
CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO**

MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

2004



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS



**ALTERAÇÕES ESPECTRAIS, AGRONÔMICAS, DE
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO AMENDOIM
CAUSADAS POR DOSES DE CÁLCIO E FÓSFORO EM
CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO**

MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

Campina Grande – Paraíba

Março de 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

**ALTERAÇÕES ESPECTRAIS, AGRONÔMICAS, DE
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO AMENDOIM
CAUSADAS POR DOSES DE CÁLCIO E FÓSFORO EM
CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO**

MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

Área de Concentração: Sistema Água-Solo-Planta-Atmosfera

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água

ORIENTADORES:

Dr. TANTRAVAHU VENKATA RAMANA RAO (DCA/CCT/UFCG)

Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO (EMBRAPA – Algodão)

Campina Grande – Paraíba
Março de 2004



FICHA CATALOGRÁFICA

F866a

Freire, Morgana Lígia de Farias

2004

Alterações espectrais, agronômicas, de desenvolvimento e crescimento do amendoim causadas por doses de cálcio e fósforo em condições de casa-de-vegetação / Morgana Lígia de Farias Freire. – Campina Grande: UFCEG, 2004.

187p. il.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais). UFCEG / CCT

Inclui bibliografia

1. Amendoim, 2. Reflectância 3. Variáveis de crescimento 4. Variáveis de desenvolvimento 5. Variáveis agronômicas 6. Variáveis da análise foliar 7. Cálcio 8. Fósforo I. Título.

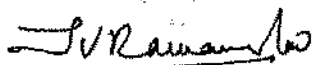
CDU: 631.811

MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

ALTERAÇÕES ESPECTRAIS, AGRONÓMICAS, DE DESENVOLVIMENTO E
CRESCIMENTO DO AMENDOIM CAUSADAS POR DOSES DE CÁLCIO E
FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO

APROVADA EM: 05/0372004

BANCA EXAMINADORA

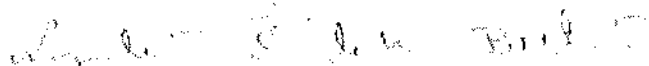


Dr. TANTRAVAHI VENKATA RAMANA RAO

Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA

Centro de Ciências e Tecnologia – CCT

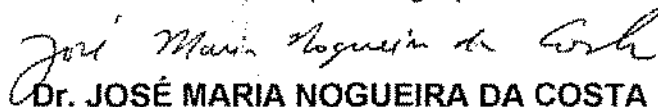
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO

Centro Nacional de Pesquisa do Algodão – CNPA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



Dr. JOSÉ MARIA NOGUEIRA DA COSTA

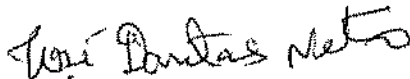
Departamento de Engenharia Agrícola – DEA

Universidade Federal de Viçosa - UFV



Dr. JOSÉ FIDELES FILHO

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB



Dr. JOSÉ DANTAS NETO – CCT/UFCG

Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg

Centro de Ciências e Tecnologia – CCT

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg

Centro de Ciências e Tecnologia – CCT

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Sou capaz...

Sou capaz de admirar a beleza de uma flor.

Sou capaz de oferecer uma rosa.

Sou capaz de alimentar-me de um fruto.

Sou capaz de fazer uma canção com a natureza.

Sou capaz de matar a sede de um animal.

Sou capaz de procurar estratégias para nutrir uma planta.

Sou capaz de apenas transportar uma planta para que esta receba luz.

... O alimento, a chuva, a luz, o animal não sou capaz de criá-los, apenas sou capaz de usá-los ou transformá-los.

Sou capaz de destruir a natureza...

Mas, ...Sou capaz de preservá-la.

Pois, sou capaz de acreditar que cada ação humana é um receptáculo de responsabilidade infinita.

(Mariana L.F.Freire)

Hidrogênio, oxigênio, carbono... são matérias-primas, contidas na natureza, no universo... Posso ter "toda ciência" do mundo em minhas mãos e, não sou capaz de gerar nada sem elas.. Fato que me faz crer que sou capaz de acreditar, sou capaz de ter fé, num ser enigmático, chamado Deus.

(Mariana L.F.Freire)

DEDICATÓRIAS

Ao Eterno Criador da vida e deste maravilhoso Universo, Deus, que é a motivação maior do nosso viver, de quem dependo de tudo para realizar. Grandes são as maravilhas do teu poder e amor dedicado a mim, por isso consagro a ti o mais puro reconhecimento e a alegria pelas minhas concretizações.

Aos meus avós (in memoriam), Trifina Freire Costa e José Costa Júnior que me fizeram ser "essa caixa" com defeitos e virtudes. Mas, que souberam antes de tudo me amar de forma incondicional e transpor uma pequena parte de suas sabedorias de como é melhor viver amando o próximo e de como posso buscar a felicidade por trilhas menos tortuosas.

Nos momentos que estivemos juntos... Fui muito amada... Mas, hoje chorei de saudades... Obrigada!

À minha mãe, Maria José de Farias Freire e meus irmãos Múcio Freire e Magnum Freire, que são os meus refúgios, a minha fortaleza em momentos de tristeza na minha vida. Passar por esta fortaleza é fantástico, é mágico... Na ida já me sinto amparada, nela me sinto alegre... Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que com seu amor incondicional, mesmo naqueles momentos em que não fiz por merecer. Sem esse amor, não sei como seria para agüentar os obstáculos da vida. "Em qualquer projeto é necessário à convicção para a obtenção de bons resultados".

Aos Doutores Trantravahi Venkata Ramana Rao e Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão pela amizade, atenção, incentivo e orientação dedicada em toda a execução do trabalho.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pelo apoio recebido, em especial à unidade descentralizada Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (EMBRAPA - Algodão), pela concessão de equipamentos e apoio técnico

A todos os funcionários do CNPA. Especialmente, Glaibson e Tereza do Manejo Cultural; Napoleão Alves, Isaias, Francisco, Ivan, Fernando, Dorgival, Eury da Manutenção de Unidades; Dra Rosa, Jairo, Menezes, Mário, João e Francisco do Laboratório de Análise de Solo; Jailson da Estação Meteorológica; Tampa da Copiadora; Narciso da Portaria e Danilo pela preciosa presteza e atenção.

A todos os professores credenciados ao programa de Doutorado, que lecionaram disciplinas para cumprimento dos créditos necessários a minha formação.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande.

Ao Prof. Dr. Pedro V. de Azevêdo, Coordenador do Curso de Doutorado em Recursos Naturais do PIDT/CCT/UFCG, pela dedicação ao curso.

A Hudson, que sem sombra de dúvidas, ajudou bastante na realização da parte experimental deste trabalho, além de sua dedicação e amizade para comigo.

A Gleibson Cardoso pelas suas sugestões e ajuda.

Aos colegas e amigos de jornada: Espindola, Porto, Ferreira, João, Gertrudes, Juarez, Magna, Josy pelo apoio e amizade.

Aos professores e os funcionários do Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba pelo apoio para o término deste trabalho.

Ao professor Paulo Colaço Dantas (*"in memoriam"*), da Universidade Estadual da Paraíba, que sempre se mostrou fiel colaborador na minha jornada de vida, com constantes incentivos, que só ele sabia fazer.

A Juliana Araújo, que acompanhou momentos difíceis da minha vida e que nesses momentos chegou com atitudes-chaves para me reanimar e voltar à tona.

Às colegas, com quem pude conviver por alguns meses na casa-de-vegetação, Karla e Rosilene que me deram apoio e que torceram por mim e, hoje, laçamos mãos para amizade.

A Osvaldo e Lincoln que me ajudaram em algumas fases do trabalho experimental.

À Lígia; Mérgia, Diva, Karla, Francisco (Crato), Flávia (prima), Rosita (Tia), Sandra (irmã "torta"), Amazile, Solange, Érica, Dilma, Ariela e Carlos que incentivaram a terminar essa jornada.

À Nair e Socorro que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis da minha vida dando palavras e lições de vida, para a minha retomada ao curso da vida.

À minha mãe, Maria José e meus irmãos Magnum e Múcio, que são os meus amados, a base de tudo que sou e busco nesta grande jornada, que é a vida. Eles sempre estiveram presentes em todos os detalhes e nos momentos mais difíceis da vida, foram minhas alegrias.

Ao meu padrasto, Francisco Viera, que em momentos difíceis me amparou e incentivou-me com a sua tranquilidade.

À minha família pelo incentivo.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

LISTAS DE FIGURAS.....	i
LISTAS DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
<u>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....</u>	01
<u>CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	04
2.1 – A CULTURA DO AMENDOIM.....	04
2.2 – A CULTURA DO AMENDOIM NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.....	05
2.3 – A ADUBAÇÃO DO AMENDOIM.....	07
2.4 – CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS FOLHAS.....	13
<u>CAPÍTULO 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</u>	20
3.1 – LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	20
3.2 – MATERIAIS USADOS NOS EXPERIMENTOS.....	20
3.2.1 – MATERIAL DO SOLO.....	22
3.2.2 – ESTERCO BOVINO.....	23
3.2.3 – ADUBAÇÃO MINERAL.....	24
3.2.4 – AGUA DE IRRIGAÇÃO.....	24
3.2.5 – CULTIVAR.....	25
3.3 – INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	26
3.4 – TRATAMENTOS.....	28
3.5 – VARIÁVEIS ANALISADAS.....	28
3.5.1 – VARIÁVEIS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO.....	28
3.5.2 – VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO.....	29
3.5.3 – VARIÁVEIS AGRONÔMICAS.....	30
3.5.4 – VARIÁVEIS DA ANÁLISE FOLIAR.....	30
3.5.5 – VARIÁVEIS ESPECTRAIS.....	30
3.6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
3.6.1 – AVALIAÇÃO DO EFEITO RESIDUAL.....	34
<u>CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</u>	36
4.1 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS MATERIAIS UTILIZADOS.....	36
EXPERIMENTO I	
A – MATERIAL DO SOLO.....	36
B – ESTERCO.....	44
C – ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	45
4.2 – VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO.....	46
EXPERIMENTO I	
A – NÚMERO DE FLORES.....	46
B – NÚMERO DE GINÓFOROS.....	49
C – NÚMERO DE NÓDULOS.....	50
D – FITOMASSA PARTE AÉREA.....	53

E – FITOMASSA RAIZ.....	55
F – FITOMASSA VEGETATIVA.....	56
G – FITOMASSA TOTAL.....	58
H – COMPRIMENTO DE VAGENS.....	60
I – LARGURA DE VAGENS.....	61
J – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO.....	62
L – ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	67
EXPERIMENTO II	
A – FITOMASSA AÉREA.....	83
B – FITOMASSA TOTAL.....	84
C – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO.....	86
4.3 – VARIÁVEIS AGRONÔMICAS.....	87
EXPERIMENTO I	
A – PESO DE VAGENS.....	87
B – NÚMERO DE VAGENS.....	89
C – NÚMERO DE VAGENS CHOCHAS.....	90
D – PESO DE SEMENTES.....	92
E – PESO DE SEMENTES PERFEITAS.....	94
F – TEOR DE ÓLEO.....	95
G – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS.....	96
EXPERIMENTO II	
A – PESO DE VAGENS.....	101
B – NÚMERO DE VAGENS.....	103
C – NÚMERO DE VAGENS CHOCHAS.....	104
D – PESO DE SEMENTES.....	106
E – PESO DE SEMENTES PERFEITAS.....	107
F – EFEITO RESIDUAL.....	109
G – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS.....	111
EXPERIMENTO III	
A – PESO DE SEMENTES, PESO DE SEMENTES PERFEITAS, PESO DE VAGENS E NÚMERO DE VAGENS.....	115
B – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS.....	117
4.4 – ANÁLISE FOLIAR.....	118
EXPERIMENTO I	
4.5 – VARIÁVEIS ESPECTRIAIS.....	123
EXPERIMENTO I	
4.5.1 – REFLECTÂNCIA.....	123
A – REFLECTÂNCIA ESPECTRAL COMO UM INDICADOR DE FATORES EXTERNOS.....	123
B – REFLECTÂNCIA ESPECTRAL: NUTRIÇÃO MINERAL.....	125
C – REFLECTÂNCIA ESPECTRAL: MATURAÇÃO DA FOLHA.....	136
4.5.2 – ABSORTÂNCIA.....	148
4.5.3 – SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DA REFLECTÂNCIA.....	154
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES.....	155
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	157
ANEXOS.....	173

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1	Seção transversal de uma folha, com possíveis trajetórias da radiação incidente.....	19
Fig. 4.1-1	Complexo sortivo do cálcio (CSCa) do solo no final do Experimento I, em função das doses de adubação cálcica, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	39
Fig. 4.1-2	Teor de fósforo (TP) do solo no final do Experimento I, em função das doses de adubação fosfatada, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	41
Fig. 4.1-3	Teor de matéria orgânica (MO) do solo no final do Experimento I, em função das diferentes doses de adubação cálcica, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	42
Fig. 4.1-4	Potencial hidrogeniônico (pH) do solo no final do Experimento I, em função das doses de adubação cálcica, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	43
Fig. 4.2-1A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de flores por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	48
Fig. 4.2-1B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de flores por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	48
Fig. 4.2-2A	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de ginóforos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	49
Fig. 4.2-2B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de ginóforos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	50
Fig. 4.2-3A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de nódulos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	52
Fig. 4.2-3B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de nódulos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	52
Fig. 4.2-4A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa parte aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	54
Fig. 4.2-4B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa parte aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	54
Fig. 4.2-5	Fitomassa raiz em função das doses de cálcio e doses de fósforo. Superfície de resposta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	55
Fig. 4.2-6A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa vegetativa por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	57
Fig. 4.2-6B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa vegetativa por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	57
Fig. 4.2-7A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	59
Fig. 4.2-7B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	59

Fig. 4.2-8	Comprimento de vagens em função das doses de cálcio e doses de fósforo. Superfície de resposta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	60
Fig. 4.2-9	Largura de vagens em função das doses de cálcio e doses de fósforo. Superfície de resposta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	62
Fig. 4.2-10	Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	71
Fig. 4.2-11	Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	72
Fig. 4.2-12	Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	73
Fig. 4.2-13	Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	74
Fig. 4.2-14	Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	75
Fig. 4.2-15	Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	76
Fig. 4.2-16	Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	77
Fig. 4.2-17	Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	78
Fig. 4.2-18	Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) do diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	79
Fig. 4.2-19	Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) do diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	80
Fig. 4.2-20	Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	81
Fig. 4.2-21	Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	82
Fig. 4.2-22A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	83
Fig. 4.2-22B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	84
Fig. 4.2-23A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	85

Fig. 4.2-23B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	85
Fig. 4.3-1A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	88
Fig. 4.3-1B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	88
Fig. 4.3-2A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	89
Fig. 4.3-2B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	90
Fig. 4.3-3A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	91
Fig. 4.3-3B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	91
Fig. 4.3-4A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	93
Fig. 4.3-4B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	93
Fig. 4.3-5	Peso de sementes perfeitas por planta em função das doses de cálcio e fósforo. Superfície de resposta do peso de sementes perfeitas, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	94
Fig. 4.3-6	Influência das doses de fósforo no teor de óleo por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	96
Fig. 4.3-7	Aspecto visual da vagens devido aos efeitos das doses de cálcio e fósforo, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	100
Fig. 4.3-8B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	102
Fig. 4.3-8B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	102
Fig. 4.3-9A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	103
Fig. 4.3-9B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	104

Fig. 4.3-10A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	105
Fig. 4.3-10B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	105
Fig. 4.3-11A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	106
Fig. 4.3-11B	Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	107
Fig. 4.3-12A	Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de sementes perfeitas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	108
Fig. 4.3-12B	Influência em função das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de sementes perfeitas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	108
Fig. 4.3-13A	Influência das doses de cálcio nas variáveis agronômicas PS, PSP, PV e NV (por planta) em função das doses de cálcio, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	116
Fig. 4.3-13B	Influência das doses de fósforo nas variáveis agronômicas PS, PSP, PV e NV (por planta) em função das doses de fósforo, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	116
Fig. 4.5.1-1	Curva espectral da reflectância da folha do amendoimzeiro correspondente aos 42 dias após a emergência para vários tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	125
Fig. 4.5.1-2	Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 28 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	130
Fig. 4.5.1-3	Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 28 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	131
Fig. 4.5.1-4	Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 63 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	132
Fig. 4.5.1-5	Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 63 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	133
Fig. 4.5.1-6	Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 91 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	134
Fig. 4.5.1-7	Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 91 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	135
Fig. 4.5.1-8	Curvas de reflectância espectral da folha do amendoimzeiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 0 kg/ha e 0 kg/ha considerando vários dias após a emergência, em condições casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	139

Fig. 4.5.1-9	Curvas de reflectância espectral da folha do amendoimzeiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 300 kg/ha e 50 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002...	140
Fig. 4.5.1-10	Curvas de reflectância espectral da folha do amendoimzeiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 600 kg/ha e 100 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002...	141
Fig. 4.5.1-11	Curvas de reflectância espectral da folha do amendoimzeiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 900 kg/ha e 150 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002...	142
Fig. 4.5.1-12	Varição da reflectância média da folha do amendoimzeiro na faixa do visível (400-720nm) com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	146
Fig. 4.5.1-13	Varição da reflectância média da folha do amendoimzeiro na faixa do infravermelho próximo (720-1100nm) com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	147
Fig. 4.5.2-1	Varição da absortância no comprimento de onda de 450nm da folha do amendoimzeiro com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	150
Fig. 4.5.2-2	Varição da absortância no comprimento de onda de 450nm da folha do amendoimzeiro com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	151
Fig. 4.5.2-3	Varição da absortância no comprimento de onda de 650nm da folha do amendoimzeiro com o tempo para os tratamentos, em casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	152
Fig. 4.5.2-4	Varição da absortância no comprimento de onda de 650nm da folha do amendoimzeiro com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.....	153

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1	Valores Médios Descendais de Temperatura e Umidade Relativa no Interior da Casa-de-Vegetação, Embrapa-Algodão, Campina Grande-PB, 2002 e 2003.....	21
TABELA 3.2	Características Físicas do Solo Utilizado Proveniente de Lagoa Seca-PB, Considerando uma Profundidade de 0,20m, Campina Grande 2002.....	22
TABELA 3.3	Características Químicas do Solo Utilizado Proveniente de Lagoa Seca-PB, Considerando uma Profundidade de 0,20m, Campina Grande 2002.....	23
TABELA 3.4	Características Físicas e Químicas do Esterco Bovino Utilizado em Mistura com o Material do Solo, Campina Grande 2002.....	23
TABELA 3.5	Características Físicas e Químicas da Água Usada na Irrigação dos Experimentos, Campina Grande-PB, 2002.....	24
TABELA 3.6	Características Agronômicas e Tecnológicas da Cultivar de Amendoim Br-1, Cultivado em Regime de Sequeiro.....	25
TABELA 3.7	Avaliações Realizadas por Experimento.....	27
TABELA 4.1	Produção das Variáveis de Desenvolvimento e Crescimento Número de Flores (NF), Número de Ginóforos (NG), Número de Nódulos (NN), Fitomassa Aérea (FITAR), Fitomassa Raiz (FITRZ), Fitomassa Vegetativa (FITAR+RZ), Fitomassa Total (FITTOTAL), Comprimento de Vagens (CV) e Largura de Vagens (LV) do Amendoim na Ausência da Aplicação, na Aplicação das Doses Máximas e na Aplicação das Doses Recomendadas de Cálcio e Fósforo (Experimento I), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.....	66
TABELA 4.2	Produção das Variáveis de Desenvolvimento e Crescimento Fitomassa Aérea (FITAR) e Fitomassa Total (FITTOTAL) do Amendoim, na Ausência da Aplicação, na Aplicação das Doses Máximas e na Aplicação das Doses Recomendadas de Cálcio e Fósforo (Experimento II), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.....	86
TABELA 4.3	Produção das Variáveis com Aplicação Agronômica Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP), Número de Vagens (NV), Número de Vagens Chochas (NVC) e Teor de Óleo (TO) do amendoim, na Ausência da Aplicação, na Aplicação Máxima e na Aplicação Recomendada das Doses de Cálcio e Fósforo (Experimento I), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.....	97
TABELA 4.4	Determinação do Efeito Residual (Fator h) para os Nutrientes Cálcio e Fósforo, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	110
TABELA 4.5	Produção das Variáveis Agronômicas Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP), Número de Vagens (NV) e Número de Vagens Chochas (NVC) na Ausência da Aplicação, na Aplicação Máxima e na Aplicação Recomendada das Doses de Cálcio e Fósforo no Segundo Ciclo da Cultura do Amendoim, com o mesmo Material do Solo do Experimento I (Experimento II), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.....	111
TABELA 4.6	Avaliação do Efeito Residual para as Variáveis Agronômicas, Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP), Número de Vagens (NV) e Número de Vagens Chochas (NVC) do amendoim, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2002-2003.....	112
TABELA 4.7	Produção das Variáveis Agronômicas Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP) e Número de Vagens (NV) do amendoim, na Ausência da Aplicação, na Aplicação Máxima e na Aplicação Recomendada das Doses de Cálcio e Fósforo (Experimento III), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2003.....	117
TABELA 4.8	Teores Percentuais dos Nutrientes: Fósforo, Potássio e Magnésio Presentes nas Folhas do Amendoim Devido a Adição dos Nutrientes Cálcio e Fósforo no Final do Ciclo da Cultura, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.....	122
TABELA 4.9	Teores Percentuais dos Nutrientes: Cálcio e Nitrogênio Presentes nas Folhas do Amendoim Devido a Adição dos Nutrientes Cálcio e Fósforo com Amostragem no Final do ciclo da cultura, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.....	122

ALTERAÇÕES ESPECTRAIS, AGRONÔMICAS, DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO AMENDOIM CAUSADAS POR DOSES DE CÁLCIO E FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO

RESUMO

A compreensão dos princípios de fertilidade do solo é essencial para uma produção eficiente das culturas e para proteção ambiental. Os métodos de avaliação da nutrição mineral das plantas baseiam-se, em geral, na análise de solo, na análise de plantas, na diagnose visual e ou na avaliação das variáveis de produção. No caso do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), a maioria das pesquisas têm suas respostas avaliadas em termos de variáveis de produção. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos das diferentes doses de cálcio e de fósforo no amendoimzeiro cultivar BR-1, em condições de casa-de-vegetação; sobre as propriedades espectrais das folhas, variáveis de crescimento e desenvolvimento, produção e qualidade de produção. Três experimentos, denominados I, II e III, foram conduzidos em casa-de-vegetação em delineamento de blocos ao acaso. Os experimentos I e II constaram de 20 tratamentos com três repetições e o experimento III constou de 15 tratamentos com quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais (ou vasos de 22 litros) em cada experimento. O experimento I tinha um esquema de análise fatorial 5 x 4, sendo os fatores cinco doses de cálcio (0; 300; 600; 900 e 1200kg de CaSO_4 /ha) e quatro doses de fósforo (0; 50; 100 e 150kg de P_2O_5 /ha) e o experimento II avaliou o efeito residual do material do solo do experimento I. O experimento III tinha um esquema fatorial de 3 x 5, sendo os fatores três doses de cálcio (0; 300 e 600kg de CaSO_4 /ha) e cinco doses de fósforo (0; 50; 100; 150 e 200kg de P_2O_5 /ha). As doses de cálcio e fósforo foram aplicadas em cobertura na semeadura. Os efeitos causados pela aplicação das doses de cálcio e de fósforo ao solo foram avaliados através de atributos de plantas (variáveis de crescimento, de desenvolvimento e agronômicas), das propriedades espectrais das folhas (reflectância, transmitância e absorvância), do solo (propriedades químicas) e da análise foliar. Na maioria das variáveis de desenvolvimento e crescimento analisadas (número de flores, número de ginóforos, número de nódulos, filomassa aérea e largura de vagens) a melhor dose de cálcio foi de 600kg/ha. A melhor dose de fósforo apresentou variações, mas o intervalo está situado entre 50 e 100kg/ha. Para as variáveis agronômicas: peso de vagens, peso de sementes perfeitas, número de vagens e número de vagens chochas, houve respostas benéficas com relação às doses de cálcio, em que as duas primeiras variáveis a dose recomendada é de 300kg/ha e as duas últimas a dose deve ser em torno de 600kg/ha. A exceção está apenas para o peso de sementes em que o cálcio não teve uma influência positiva, e para o teor de óleo em que não houve resposta significativa do cálcio. Em todas as variáveis, houve o efeito da adubação fosfatada, cujo valor encontra-se no intervalo de 60 a 100kg/ha. No caso do teor de óleo a dose é de 0kg/ha, pois o seu efeito não é benéfico. O efeito residual obtido através das variáveis agronômicas e de desenvolvimento e crescimento apresentou valor médio do fator h de 0,050 para o cálcio e 0,151 para o fósforo. Na análise de crescimento verificou-se efeito significativo da interação das doses de cálcio e das doses de fósforo para o diâmetro caulinar e a área foliar e das doses de fósforo para a altura. Entretanto, os diferentes tratamentos empregados não determinam variações substanciais no crescimento do amendoimzeiro. A ordem da absorção dos macronutrientes pelas folhas do amendoim foi cálcio, nitrogênio, potássio, magnésio e fósforo. No caso das características espectrais, as menores reflectâncias da folha correspondem ao tratamento em que a dose de cálcio é de 1200kg/ha e a dose de fósforo é de 150kg/ha. Estes valores seriam as quantidades mais adequadas para colaborar com a natureza no processo de fotossíntese. Todavia, as doses de cálcio de 600kg/ha e fósforo de 100kg/ha apresentaram valores intermediários entre as doses que apresentam os valores máximos e mínimos de reflectância, indicando uma boa estabilidade e fases bem características do ciclo evolutivo do amendoim. Finalmente, as adubações cálcica e fosfatada aumentaram de forma considerável a produção do amendoim, principalmente pelo alto percentual do número de vagens. A adubação cálcica não exerceu influência e a fosfatada não exerceu efeito benéfico no teor de óleo da semente. As doses médias a serem recomendadas para o cálcio e o fósforo são 600kg/ha e 100kg/ha, respectivamente, considerando o CaSO_4 e o P_2O_5 , que necessitam serem avaliadas em condições de campo.

SPECTRAL, AGRONOMICAL, DEVELOPMENT AND GROWTH VARIATIONS OF A PEANUT CROP CAUSED BY THE PHOSPHOROUS AND CALCIUM DOSES UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

ABSTRACT

The understanding of the principles of soil fertility is essential for an efficient crop production and environmental protection. The evaluation methods of mineral nutrition of plants, in general, based on the soil analysis, plant analysis, visual diagnosis and or on the evaluation of the yield variables. In the case of the mineral nutrition of a peanut crop (*Arachis hypogaea* L.) most of the research work done had its responses evaluated in terms of yield variables. The objective of this research was to evaluate the effect of different levels of calcium and phosphorous on the leaf spectral properties, growth variables and development, production and quality of production of a peanut crop grown under greenhouse conditions. Three experiments were conducted in the greenhouse using a randomized block design. The first two experiments consisted of 20 treatments with 3 repetitions and the third experiment consisted of 15 treatments with 4 repetitions, totalizing 60 experimental units (60 pots of 22 liters each). The experiments I and II had a 5 x 4 factorial analysis scheme, with the factors being 5 levels of calcium (0; 300; 600; 900 and 1200 kg of CaSO_4/ha) and 4 levels of phosphorous (0; 50; 100 and 150 kg of $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$) and the experiment III evaluated the residual effect of the material of the soil of the experiment I. The third experiment had the factorial scheme of 3x5, with the factors being 3 levels of calcium (0; 300 e 600 kg of CaSO_4/ha) and 5 levels of phosphorous (0; 50; 100; 150 and 200 k of $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$). The calcium and phosphorous doses were applied on the soil surface at the time of sowing. The results of these applications were analyzed through the plant attributes (growth, development and agronomic variables), spectral properties of the leaves (reflectance, transmittance and absorptance), the soil chemical properties and the leaf analysis. In case of most of the growth and development variables analyzed (number of flowers, pegs, nodules, aerial phytomass and breadth of peanut in shell), the calcium dose needed was of 600kg/ha. The best phosphorous dose presented variations, but the interval is placed between 50 and 100kg/ha. Pod and kernel weights responded well to the 300kg/ha calcium dose. The number of pods were more and the number of sterile pods were less for the 600kg/ha level of calcium. The total weight of the peanut kernels (normal kernels plus sterile kernels) did not respond well to the variations of calcium levels. The calcium content had no influence on the oil content of the peanuts. All the variables studied (except for the number of sterile pods and the oil content), responded well for the phosphorous treatment in the interval of 60 to 100kg of $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$. The oil content did not responded well to the variations in phosphorous. The residual effects (h factor) were determined by using the agronomic, growth and development variables presented medium value of the factor h of 0,050 for calcium and 0,151 for phosphorous. In the growth analysis, the significant effect of the interaction of the levels of calcium and phosphorous were verified for the stem diameter and the leaf area and of the phosphorous doses for the height. However, the different treatments utilized did not determine substantial variations in the growth of the peanut crop. The order of absorption of the macronutrients, through the analysis of the peanut leaves, were calcium, nitrogen, potassium, magnesium and phosphorous. In the case of spectral characteristics, the leaf reflectance was significantly decreased for the treatment in which the calcium level is 1200kg/ha and the phosphorous was 150kg/ha. These values would be the most appropriate amounts to collaborate with the nature in the photosynthesis process. In general, the calcium level of 600kg/ha and phosphorous of 100kg/ha presented intermediate values of the leaf reflectance during the crop growth cycle, indicating a good stability and very characteristic phases of the evolutionary cycle of the peanut. The macronutrients of calcium and phosphorous considerably increased the peanut crop production, by increasing the number of pods. The calcium did not exercise influence and phosphorous did not exercise beneficial effect in the oil content. The study recommends the levels of 600kg/ha of calcium and 100kg/ha of phosphorous to be evaluated under the field conditions for growing the peanut crop.

INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das culturas de maior expressão econômica e racional do mundo, tendo mais de 20 milhões de hectares cultivados por ano. Ao lado do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e da soja (*Glycine max* L.) é considerada uma das mais importantes leguminosas, tanto pelo valor protéico e energético como uma das principais produtoras de óleo. Por possuir maior teor de óleo que de proteína, pode constituir um componente importante no esforço de produção de biodiesel.

Atualmente, existe uma demanda para atender a indústria de alimentos e ao consumo *in natura* na região Nordeste, sendo que a produção local atende uma pequena percentagem do consumo, cerca de 10%, em que o restante é abastecido com a produção de outros Estados, principalmente de São Paulo. Então, faz-se necessário resgatar a importância desta cultura para região Nordeste, enfocando um dos problemas dessa cultura que é o aspecto de nutrição mineral. As demais problemáticas, como as condições ambientais e a obtenção de cultivares mais produtivas têm informações mais precisas.

No Brasil, o amendoim é cultivado nas regiões Sudeste, Sul, Nordeste e Centro Oeste, enquanto que na região Nordeste os principais produtores são os estados da Bahia, Paraíba, Sergipe e Ceará. O estado da Bahia situa-se como o primeiro produtor regional, abrangendo cerca de 63% da área cultivada no Nordeste. Como destaca Martin (1985), o amendoim embora tenha perdido a importância que tinha nos anos setenta, com a entrada da soja a todo vapor; ela é uma cultura já gravada na história, e deve ser transformada em uma cultura do futuro. Martin faz este comentário à respeito desta cultura pela sua importância econômica mundial.

O solo tem ação decisiva na vida das plantas. Nele as raízes encontram apoio e substâncias químicas indispensáveis ao crescimento, desenvolvimento e frutificação. Na igualdade de outros fatores, como a água e a temperatura do ar, por exemplo, o incremento das safras varia com a quantidade de elementos existentes no solo. Como o solo é o meio no qual as culturas se desenvolvem para alimentar o mundo, entender a sua fertilidade é compreender a necessidade básica para a produção vegetal, sendo vital para produtividade.

O manejo de nutrientes do solo deve ser adequado. Em condições naturais, a remoção de nutrientes é balanceada com a reposição natural, formando um ciclo fechado e equilibrado (Souza & Alves, 2003). Em condições artificiais, quando os nutrientes são retidos do sistema na forma de produtos vegetais a reposição (adubação) é tanto mais importante quanto maior exportadora for a atividade adotada.

A escolha dos nutrientes cálcio e fósforo, é que a deficiência do cálcio tem causado o surgimento de vagens chochas e cascas frágeis e o fósforo age na colheita como fator de qualidade e quantidade.

Os métodos de avaliação da nutrição mineral das plantas baseiam-se, em geral, na análise de solo, ou na análise de plantas, ou na diagnose visual e ou na avaliação das variáveis de produção (fisiológicas e agronômicas). No caso do amendoim a maioria das pesquisas têm suas respostas avaliadas através de variáveis agronômicas (Nakagawa et al., 1973; Walker, 1975; Fornasieri et al., 1987). O enfoque deste trabalho além do uso das variáveis agronômicas e de crescimento é analisar o efeito da adubação através das características espectrais da folha do amendoim.

A agricultura, que integra o rol das ciências que lidam com recursos naturais pode se beneficiar com o uso do sensoriamento remoto (propriedades espectrais), para estudar e solucionar problemas que necessitam ser tratados harmônica e rapidamente. As importantes características são a rapidez e a representatividade que permitem obter informações sobre a cultura em curto espaço de tempo; possibilitando um acompanhamento das condições da cultura. Essas características são extremamente úteis no estudo do estado nutricional da planta, podendo substituir métodos convencionais, tornando o processo menos demorado e até mesmo dispendioso.

A avaliação dos níveis de nutrientes das plantas pode ser detectada por meio de sensores remotos. Diferenças nos níveis de nitrogênio das plantas, devido à adubação têm sido enfoque em vários trabalhos (Jensen et al., 1990; Fernández et al., 1994; Fonseca et al., 2002). Assim, a análise das respostas espectrais pode ser um bom indicador das mudanças que ocorrem no dossel, particularmente, para o fenômeno da adubação.

A região Nordeste apresenta grande potencialidade em clima e solo (desde que haja a nutrição mineral adequada), podendo viabilizar soluções para substituições de outras culturas não rentáveis e de menor valor nutricional. Portanto, faz necessário difundir

pesquisas enfocando a importância social da cultura do amendoim. Sendo que as pesquisas encontradas na literatura visam, na sua maioria, apenas os aspectos de produção.

Generalizando para as condições brasileiras, em especial a região Nordeste, poucas são as informações encontradas a respeito dos níveis de fertilizantes com relação ao amendoim na literatura consultada; mesmo em condições de casa-de-vegetação e com variáveis que não sejam apenas agronômicas para a escolha de um sistema de adubação mais adequado e racional.

Sendo assim, o objetivo geral é a avaliação dos efeitos das diferentes doses de cálcio e de fósforo no amendoimzeiro cultivar BR-1, em condições de casa-de-vegetação; sobre as propriedades espectrais das folhas, propriedades de desenvolvimento e crescimento, produção e qualidade de produção.

Objetivos Específicos

- ◆ Estudar as propriedades espectrais (reflectância, transmitância e absortância) das folhas do amendoimzeiro submetido a vários níveis de cálcio e fósforo incorporados ao solo, em diferentes bandas estreitas nas faixas da radiação visível e infravermelho próximo usando radiômetros espectrais, visando os seus efeitos sobre o desenvolvimento e crescimento das plantas do amendoim;
- ◆ Quantificar os efeitos isolados e conjunto dos níveis de cálcio e fósforo no solo sobre a produção e qualidade dos grãos do amendoimzeiro;
- ◆ Quantificar as alterações no crescimento do amendoimzeiro, quando submetidos a diferentes doses de cálcio e fósforo, utilizando técnica não destrutiva;
- ◆ Determinar o fator h , referente ao efeito residual da adubação cálcica e fosfatada; e,
- ◆ Determinar os teores percentuais de vários nutrientes das folhas do amendoim no final do ciclo da cultura devido à adubação cálcica e fosfatada.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – A CULTURA DO AMENDOIM

O amendoim é cultivado em mais de 90 países abrangendo as latitudes de 40°N a 40°S. Os maiores produtores são a China, a Índia, os Estados Unidos da América, o Sudão e o Senegal (Silva, 1997). Possui uma posição privilegiada, devido à grande variedade de produtos que oferece. Suas sementes são de elevado valor calórico (540 cal em 100g), sendo rica em proteínas e vitaminas. Parece até desnecessário relatar da enorme importância econômica do amendoim no mundo contemporâneo, um dos enfoques é que seus grãos servem para o consumo *in natura*, e como é riquíssimo em óleo tem uma infinidade de aplicações como derivados utilizados na alimentação humana e na indústria de produtos alimentícios e farmacêuticos (Santos et al., 1996).

O amendoim é uma planta incomum, pois suas vagens se desenvolvem abaixo da superfície do solo, isto é, sua frutificação é hipógea. Trata-se de uma planta dicotiledônea, da família Leguminosa e subfamília Papilionoídea, gênero *Arachis*. A espécie *Arachis hypogaea L.* é a que apresenta maior valor econômico, sendo o amendoim mundialmente cultivado (Gregory et al., 1973; Hammons, 1982; Goldsworthy & Fisher, 1984). O amendoim cultivado é uma planta anual, herbácea, pubescente, ramificada, de porte ereto, semi-ereto e rasteiro, de ciclo variável de 80 a 200 dias, dependendo da cultivar e variedade botânica (Silva & Almeida, 1991).

As condições de temperatura e umidade, como no caso de outras culturas, são muito importantes para o seu desenvolvimento. No tocante à umidade, a cultura do amendoim exige um tempo seco na época da colheita. Em relação à temperatura, devem prevalecer condições térmicas uniformes e pouco elevadas. A faixa de temperatura ideal do ar atmosférico para germinação das sementes situa-se entre 23° e 24°C.

2.2 – A CULTURA DO AMENDOIM NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Na região Nordeste verifica-se o maior percentual de desnutrição da população, causada pela carência de alimentos ricos em proteínas, vitaminas e lipídios, o cultivo de plantas oleaginosas, como o amendoim poderia ser decisivo. Em função do seu valor energético e protéico para alimentação, para produção de óleo e matéria-prima, inclusive de energia para produção de biodiesel, a cultura do amendoim, na indústria, tem um papel extremamente importante.

Todavia, o cultivo do amendoim na região Nordeste está ainda longe de ser consolidado. Como enfatiza Figueiredo (1992), essa inexpressividade agrícola é uma decorrência de problemas sócio-econômico-cultural, aliada à baixa qualidade genética dos materiais utilizados pelos agricultores, e das condições edafoclimáticas em algumas localidades, inerentes a região. Sendo o sistema de produção utilizado pelos agricultores, distante dos padrões de uma exploração moderna. Entre as principais dificuldades técnicas do cultivo do amendoim destacam-se: a escassez de sementes melhoradas e a não disponibilidade de equipamentos e máquinas agrícolas adaptadas às necessidades dos pequenos produtores nas operações de colheita e pós-colheita (Silva et al., 1999). Neste último caso, por exemplo, a disponibilidade referida reduziria o esforço físico despendido e tornaria disponível o tempo de trabalho para outras atividades na propriedade. Apesar desta região não ter a tradição do cultivo desta oleaginosa possui, porém, condições favoráveis, podendo tornar-se alternativa viável de cultivo em substituições a algumas culturas com menor rentabilidade e menor valor nutricional, principalmente para os estados produtores: Bahia, Sergipe, Paraíba e Ceará (Amendoim... 1995; Almeida et al., 1997).

O amendoim é considerado uma cultura de grande potencialidade para a região Nordeste desde 1986 e, desde então a EMBRAPA/CNPA vem desenvolvendo vários trabalhos, tanto em regime de sequeiro como irrigada, visando aumentar sua participação regional, que é menor que 10%, comparada com a nacional (LSPA, 1994). Aproximadamente dois terços da produção mundial são oriundas das regiões semi-áridas, onde o total de precipitação pluvial e sua distribuição errática usualmente limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da maioria das culturas exploradas.

O ponto de enfoque a adaptação das culturas às regiões semi-áridas é o aumento da produtividade associado ao uso racional e econômico da água, evitando o

desperdício de insumos ou a ocorrência de estresse hídrico em fases críticas do desenvolvimento e crescimento das culturas. Silva (1997), avaliou as respostas ecofisiológicas e o desempenho agrônomo da cultura do amendoim cv. BR1, em condições de irrigação no município de Rodelas-BA e os melhores rendimentos foram os obtidos quando as irrigações foram efetuadas com intervalos de dois e quatro dias, em que a justificativa é dada devido à função da baixa capacidade de retenção de água no solo. Sendo a lâmina de 700 mm com intervalo de quatro dias de irrigação a mais adequada para as condições do local.

Segundo Kulandavieu & Morachan (1983), o maior rendimento da cultura do amendoim está associado a altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, elevada radiação e pouca precipitação. Assim, as condições climáticas da região Nordeste permitem bom desenvolvimento e crescimento das plantas do amendoim, principalmente àquelas de porte ereta, por serem geralmente de ciclo mais curto e hábito de crescimento determinado. Sendo, no entanto, necessárias algumas adaptações, visto que a região apresenta irregularidades quanto à distribuição e quantidade de precipitações pluviais (com ocorrência freqüente de veranicos), para que não haja comprometimento da cultura como, por exemplo, incidência do estresse hídrico no início da floração ou no início da formação de vagens. As adaptações referem-se à seleção de materiais que possam adaptar a este tipo de ambiente (Santos et al., 1998).

Em geral, as pesquisas feitas principalmente na região Nordeste com ênfase na oleaginosa do amendoim podem ser divididas em: [1] Desenvolvimento de cultivares para melhoramento genético (Santos et al., 1997); [2] Controle de ervas daninhas (Silva et al., 1993; Aguiar et al., 1997); [3] Reconhecimento e controle de pragas (Almeida et al., 1992; Isidoro et al., 1997); [4] Estresse hídrico (Santos et al., 1998; Távora & Melo, 1991; Silva, 1999); [5] Determinação de componentes químicos de genótipos (Freire et al., 1997 para diferentes tipos botânicos; Soares, 1993 e Freire et al., 1998 com relação aos aspectos nutricionais; e, Farias et al., 2001 para composição de óleo); [6] Armazenamento (Almeida et al., 1997); [7] Efeitos com relação ao clima (Oliveira, 1998); [8] Tipos de solo (Borges et al., 1989); e, [9] Plantio - época, modalidade, espaçamento, densidade populacional, etc. (Barros et al., 1994a, 1994b). Então, a lacuna apresentada com relação a cultura do amendoim nesta região é a adubação, em que as pesquisas realizadas constituem-se de diagnósticos preliminares.

2.3 - A ADUBAÇÃO DO AMENDOIM

A fertilidade do solo, na agricultura, é uma parte de um sistema dinâmico. Os nutrientes estão sendo constantemente modificados na forma de produtos de plantas e animais. Se o processo produtivo na agricultura fosse fechado, o balanço nutricional poderia ser relativamente estável. Como não é isso que ocorre, é essencial compreender os princípios de fertilidade do solo para uma produção eficiente das culturas e para proteção ambiental.

Em 1950, a produção de fertilizantes no mundo foi um pouco menor que 13 milhões de toneladas; no início dos anos 90 atingiu 135 milhões de toneladas (Manual Internacional de Fertilidade do Solo - MIFS, 1998). Este fantástico aumento de 10 vezes na produção de fertilizantes é bem correlacionado com vários fatores, como: aumento na população mundial com maior demanda por alimentos, fibras e combustíveis; maior produção das culturas por unidade de área; maior produção total no mundo de culturas produtoras de alimentos; e, maior preocupação com a importância de práticas coerentes de adubação para o aumento da produção e qualidade das culturas e, ao mesmo tempo, manutenção ou melhoria do ambiente.

A adubação, como coloca Pimentel Gomes (1970), nasceu há pouco mais de cem anos, quando se descobriu na Europa que as plantas se alimentam de compostos minerais do solo. Mas só no século XX, o consumo de adubos alcançou níveis realmente elevados e, mesmo assim, não são muitos os países em que o uso dos adubos pode ser considerado adequado. Os aumentos de produtividade conseguidos pelo uso de adubos são gerais e consideráveis. Todavia, quando se usa adubo, o aspecto fundamental, é sem dúvida, o econômico.

A necessidade de aumentar a produção agrícola é um fato irreversível. A responsabilidade da agricultura em produzir alimentos, energia, matérias primas industriais e excedentes exportáveis, compatíveis com a população crescente e com aspiração a um nível cada vez mais alto do povo é incontestável.

Duas alternativas se apresentam para elevar a produção: a abertura de novas fronteiras agrícolas ou a utilização das áreas já trabalhadas. Levando em consideração a preservação ambiental, a segunda parece mais viável, embora que, na maioria das vezes, as áreas apresentam-se exauridas pelo cultivo sucessivo. Em qualquer uma das alternativas, a

adubação assume especial relevo visto ser o insumo que, isoladamente, mais contribui para o incremento da produtividade e da produção. É óbvio que os fertilizantes continuarão a crescer em importância à medida que o mundo “produz” mais seres humanos para serem alimentados. Como usar esse insumo vital para a produção das culturas de modo lucrativo, eficiente e benéfico ao ambiente é um desafio para futuras pesquisas (Pimentel Gomes, 1970; Malavolta 1980).

Em agricultura, sabe-se dos cuidados que se deve ter com o solo para o bom rendimento das culturas. No caso do amendoim os cuidados são maiores; isso porque seus frutos nascem dentro da terra, em que esta precisa ser mais porosa e arejada do que o habitual. Não apenas para germinar, como também durante o período de crescimento dos frutos no seu interior. A lavoura do amendoim exige que a porosidade do solo seja elevada, para que possam se processar as trocas respiratórias com a atmosfera. Se sufocadas por uma terra compactada, a planta cresce mal e seus frutos encontram dificuldades para se desenvolverem e crescerem.

Segundo Fornasieri et al. (1987), a posição modesta que o Brasil ocupa em termos de produção mundial de amendoim é decorrência da ação de fatores ambientais desfavoráveis durante a colheita e da escassez de informações geradas pela pesquisa, principalmente em relação à obtenção de cultivares mais produtivos e de alguns aspectos de nutrição mineral. No caso do Nordeste do Brasil, os solos mais arenosos, são os indicados para esta oleaginosa e são, em geral, pobres em cálcio, que é um fator limitante da produção.

A nutrição e a adubação são um dos capítulos mais controvertidos na cultura do amendoim. Sabe-se que a planta extrai quantidades apreciáveis de nutrientes do solo, porém as respostas à fertilização são bastante contraditórias, indicando que a cultura apresenta grande poder de absorção.

A adubação do amendoim começou a ser estudada no Brasil no estado de São Paulo em 1957 (Gargantini et al., 1958) com experimentos em vasos, em que vários níveis de NPK foram testados. Nestes experimentos ficou evidenciada a influência do fósforo sobre a produção do amendoim. Mas, só nas décadas de 70 a 90 um número elevado de pesquisas com o amendoim (principalmente, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil), o que na época era constituído em uma fonte de elevado interesse econômico (Sichmann et al.,

1970; Walker & Carter, 1971; Skelton & Shear, 1971; Arruda & Brito, 1972; Brito et al., 1973; Nakagawa et al., 1973; Walker, 1975; Nakagawa et al., 1977a e b; Nakagawa et al., 1980; Nakagawa et al., 1981; Walker et al., 1981a e b; Fornasieri et al., 1987; Hernandez et al., 1991). Este fato foi como uma chamada da importância desta cultura. Depois de alguns anos, apesar da existência de regiões de cultivo do amendoim no Brasil, a pesquisa com relação à nutrição mineral parece que foi um pouco apagada da literatura. Valendo salientar, que as pesquisas na sua maioria tinham intuito de avaliar as percentagens dos macronutrientes em respostas a variáveis agrônômicas.

Os registros de sintomas de deficiência mineral, visual, microscópico, fisiológico e bioquímico, fornecem a evidência sobre a qual se baseia o conhecimento do papel de cada elemento no metabolismo das plantas. Mas, como relata Street & Öpik (1974), embora se tenha algum conhecimento do papel de todos os elementos essenciais, em muitos casos a compreensão é ainda incompleta. Tal fato pode ser estendido a adubação com relação à cultura do amendoim, principalmente no que diz respeito à região Nordeste do Brasil. Pois, para Martin (1985), a adubação do amendoim é um problema que não foi inteiramente resolvido. Os resultados de testes têm sido muito variáveis e não existe uma fórmula única que possa ser aplicada mesmo nas várias áreas de um mesmo Estado.

Há necessidade de discutir alternativas que permitam estabelecer estratégias mais adequadas do aproveitamento de fertilizantes. Muitos pesquisadores acham que os problemas que ainda existem com relação a adubação do amendoim é um bom sinal, pois mostra a capacidade de adaptação do amendoim a condições bem diferentes de solo. O que se sabe com certeza, segundo Martin (1985), é que a lavoura do amendoim aproveita muito bem o adubo colocado na terra no ano anterior. Isso faz com que o amendoim seja uma cultura excelente para as práticas de rotação. Segundo ainda ele, a medida importante que se utiliza na adubação para o bom rendimento da cultura é a análise de solo, e quando necessário à utilização das fórmulas geralmente indicadas para as oleaginosas em geral.

Para Volkewiss (1986), resultados de pesquisas executadas no Brasil e no exterior mostram que a necessidade da adubação, bem como a magnitude das respostas das culturas à mesma, são diferentes entre as espécies e até cultivares de uma mesma espécie de planta. O caso mais marcante de diferenças na resposta à adubação ocorre entre as leguminosas que apresentam simbiose eficiente.

No Brasil, aproximadamente 1,8 milhão de Km² são de solos sob vegetação de cerrado, caracterizados por apresentarem elevada acidez, deficiência extrema de P, Ca, Mg e níveis elevados de Al e Mn (Bonato et al., 2000). No caso do Al, a toxicidade é um dos mais importantes fatores que limitam a produtividade das culturas em solos ácidos, os quais compreendem mais de 40% das terras aráveis do mundo (Bonato et al., 2000). A baixa produtividade e a baixa resposta de muito desses solos à fertilização têm sido, em grande parte, atribuídas à presença de Al em concentrações tóxicas. Todavia, a fonte de cálcio, gesso, leva a redução da toxidez do alumínio nas camadas superficiais, sem que ocorra alteração significativa no pH (Nakagawa et al., 1980).

O solo para o cultivo do amendoim, como para todas leguminosas, não deve nunca ser ácido, pois isso produz vagens chochas, mal granadas e de baixa produção. O pH ideal deve estar entre 5,8 e 6,5, sendo que para pHs mais baixos que 5,5, encontrados com frequência nos solos arenosos, deve-se efetuar a aplicação do calcário dolomítico (Martin, 1985). O cálcio é absorvido diretamente da terra pelos frutos em formação, e quando há falta os frutos chegam até a se desenvolverem um pouco, mas não produzem sementes. Este elemento é o terceiro elemento mais absorvido pela cultura do amendoim, precedido apenas pelo nitrogênio e potássio (Coelho & Tella, 1967), sendo que a sua deficiência tem causado algumas alterações negativas com o surgimento além de vagens chochas e de cascas frágeis, a diminuição do índice de fertilidade das flores e o maior abortamento dos óvulos fertilizados (Chesney, 1975; Walker et al., 1981a).

Em culturas como amendoim, o uso exclusivo de calcário não oferece possibilidades de sucesso, a não ser que se trate de solos bem providos de elementos minerais, cujo fator limitante é a acidez. Por via de regra, a calagem deve ser acompanhada de adubações adequadas, caso contrário seu efeito pode ser de pouco ou nenhum valor (Fuzatto, 1965).

Além disso, tem-se que o sistema radicular do amendoim é constituído por uma raiz principal pivotante vigorosa, da qual saem numerosas raízes laterais que se subdividem formando um conjunto bastante ramificado, apesar do pequeno porte da planta. Tem-se, também que as raízes não se desenvolvem adequadamente em solos muito ácidos. Entre os fatores de acidez, a toxicidade do alumínio e a deficiência em cálcio têm sido apontados como os mais consideráveis na restrição do crescimento radicular (Caires &

Rosolem, 1998). Então, é importante o desenvolvimento de estratégias que permitam adequar o crescimento radicular através da calagem e da adubação.

O cálcio, absorvido do solo como Ca^{+2} , além de fazer parte da lamela média e de ativar diversas enzimas, desempenha outros papéis: regulação da permeabilidade da membrana citoplasmática, neutralização de ácidos tóxicos, desenvolvimento e funcionamento das raízes e encurvamento dos pêlos absorventes das raízes das leguminosas (como o amendoim). Sua deficiência causa além dos distúrbios na divisão celular durante o crescimento e desidratação do ápice, a deformação das folhas e o impedimento do crescimento radicular (Ferri, 1979; Larcher, 2000).

Já o fósforo age na respiração e na produção de energia. Age na divisão das células, intensificando-a, entra na composição de algumas substâncias de reserva, como as albuminóides e o amido; dá força e rigidez aos caules dos cereais; facilita a floração; aumenta a frutificação; apressa a maturação; intensifica a resistência das plantas às moléstias; contribui para o desenvolvimento do sistema radicular e para a saúde geral da planta. O fósforo age na colheita como fator de qualidade e quantidade, isto é, contribui para uma produção maior e melhor. Por exemplo, com relação ao fósforo na cultura do amendoim, a adubação tem proporcionado respostas positivas (Gargantini et al., 1958; Hernandez, 1991). Entretanto, algumas pesquisas têm relatado que a utilização de doses elevadas desse adubo não tem sido vantajosa para a produção de vagens e sementes (Nakagawa et al., 1981). Dessa forma, é que deve existir uma dose recomendada com relação ao solo. Pois como enfatiza Nakagawa et al. (1980), uma dose elevada ocasiona redução da produção de sementes.

Nakagawa et al. (1980), examinando o efeito dos adubos fosfatados na cultura do amendoim verificaram que as produções de vagens e sementes de amendoim, devido ao alto teor de fósforo apresentado pelo solo não foram influenciadas por tal adubação. Para estas mesmas condições, a dose de 80kg/ha de P_2O_5 ocasionou aumento significativo no peso da planta. Também doses elevadas na adubação fosfatada vieram acarretar um aumento no teor de fósforo da semente, não afetando, porém as percentagens de óleo, cálcio, potássio e magnésio.

Já Nakagawa et al. (1981), realizaram experimento em solo com baixo nível de fósforo na cultura do amendoim e a dose de 40kg/ha foi suficiente para ocasionar

incrementos significativos nas produções de vagens e de sementes em relação à testemunha, sendo que a dose de 120kg/ha de P_2O_5 foi a que ocasionou o maior valor em peso da planta.

O crescimento vegetativo, em geral, e a expansão foliar, em particular podem ser severamente inibidos por níveis de nutrientes não adequados no solo. Então, a análise de crescimento se apresenta como uma técnica válida para estudar as bases fisiológicas da produção e por em evidência as influências exercidas pelas variáveis ambientais, genéticas e agrônômicas. Esta técnica descreve as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas. Os procedimentos para seu uso estão documentados em vários trabalhos como Blackman (1978), Richardas (1969), Hesketh & Jones (1980) e Fitter & Hay (1981).

No caso da cultura do amendoim, a análise de crescimento tem sido empregada para estudos dos efeitos da densidade de plantio (Enyi, 1977); estresse hídrico (Sivikumar & Sarma, 1986); potenciais de água nas folhas (Ong, 1986); modelagem de crescimento e produção de cultivares (Boote et al., 1986); eficiência no uso da radiação (Bell et al., 1992); e, eficiência no uso da água (Wright et al., 1994; Fideles Filho, 1997; Silva, 1997), que podem representar o crescimento e desenvolvimento da cultura ao longo de todo o seu ciclo vital mediante o controle das variáveis que são susceptíveis de modificar-se com o tempo e são fáceis de quantificar.

A análise de crescimento denominada de não destrutiva, cujas variáveis, em geral, têm como base à determinação da altura, do diâmetro caulinar, da área foliar por folha e da área foliar por planta não se têm registros para a cultura do amendoim, em especial, quando o fenômeno é a adubação.

2.4 – CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS FOLHAS

O termo sensoriamento remoto tem várias definições dependendo dos autores, mas a definição que melhor caracteriza o conceito científico é dada como a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um instrumento, que não entra em contato direto com o objeto, área ou fenômeno em investigação (Lillesand & Keifer, 1979). Entretanto, o uso do sensoriamento remoto na agricultura, na sua maioria, é dado pelas características físicas, químicas e biológicas em função dos chamados índices de vegetação. Como argumenta Huete et al. (1994) os índices de vegetação emergiram como uma ferramenta importante no monitoramento e gerenciamento da cobertura vegetativa da terra. Com medidas radiométricas espectrais da quantidade, da estrutura e da condição de vegetação os índices de vegetação servem como indicadores úteis de variações periódicas e interanuais na vegetação e em influências climáticas e antropogênicas resultantes do ambiente. Também existem os chamados índices de vegetação ajustados à modificação do solo (Chehbouni et al., 1994) e o potencial de estresse (Gardner, 1986).

O uso do sensoriamento remoto tem se destacado nas mais diversas áreas do conhecimento. Tal fato se deve, principalmente, a crescente necessidade de compreensão do funcionamento dos diversos sistemas componentes da Terra. Outros fatos citados por Epiphanyo et al. (1996) são a facilidade de acesso aos dados de sensores remotos e a disponibilidade de equipamentos adequados aos processamentos de informações.

A utilização das características espectrais, tem sido uma área de especialização ativa dentro do Sensoriamento Remoto, pela disponibilidade de se realizar economicamente, um grande número de atividades, em diferentes áreas, dentre elas, a agricultura e a meteorologia. Técnicas de sensoriamento remoto para vários tipos de estudos ligados à agricultura já mostraram ser de grande valor e as aplicações aumentam a cada dia.

Garcia (1982), já descrevia uma relação de várias possibilidades do sensoriamento remoto na análise de cultura enfatizando construir uma verdadeira linha de trabalho. Ele também discute que a possibilidade da utilização de espectrorradiômetros (seja no campo, a bordo de helicópteros etc.) no estudo das características espectrais das

culturas mais importantes (no sentido de simular essas características a nível orbital) tem se configurado como uma das mais promissora área de trabalho do sensoriamento remoto.

A extração de informações e a otimização da utilização de dados coletados através de sensores remotos só são plenamente atingidas através do comportamento espectral dos objetos existentes na superfície da terra e dos fatores que interferem nesse comportamento.

Considera-se que o “elemento” fundamental no qual baseiam as técnicas de sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética. É através dela que a energia se propaga a partir de uma fonte, diretamente através do espaço, ou indiretamente pela sua reflexão quando incidente nas mais variadas superfícies. Da interação desta energia com a matéria constituinte dos objetos é que se fundamenta o sensoriamento remoto.

O termo comportamento espectral da vegetação é freqüentemente utilizado para representar as características da radiação eletromagnética refletida por partes de folhas, plantas individuais e conjunto de plantas. Contudo, convém ressaltar que intrínseco ao termo “comportamento espectral” está os conceitos de reflectância, transmitância e absorvância espectrais. Ainda, deve ser ressaltado que associado ao termo “comportamento espectral”, o termo “vegetação” tem sido usado para representar as propriedades espectrais de partes de uma planta, assim como folhas, galhos etc.; uma planta e até conjunto de plantas.

Entretanto, devido à vegetação (culturas, florestas...) ser um alvo complexo, mesmo sendo o sensoriamento remoto um elo preciso entre as suas variáveis e as características biofísicas, ainda tem-se grande desafios para serem superados dentro da pesquisa do sensoriamento remoto. A complexidade da vegetação deve-se as mais variadas propriedades tais como: propriedade de reflexão foliar variada numa mesma planta, não-uniformidade da estrutura inter e intraplantas e o efeito de *background* do solo, que por sua vez, apresenta propriedades de reflexão intrínsecas, e a própria configuração da cena (sensor, fonte e alvo). Sendo que para Huete (1987), o maior problema é a contribuição do *background* (efeito de fundo) do solo.

Assim, a medida da reflectância espectral da vegetação (ou de uma cultura) depende de uma série de fatores como as condições atmosféricas, a espécie, o índice de área foliar, o estado fenológico, a biomassa, a quantidade de água, a geometria de

aquisição de dados, o tipo de sensor, a cobertura da copa e o solo. Sendo que este último tem ainda como função a granulometria, a água e os nutrientes. Entretanto, como nesta pesquisa o local de trabalho é casa-de-vegetação, alguns desses fatores são controlados e não tem sentido relatar sobre a reflectância da copa, por exemplo, será medida a resposta da adubação em função da reflectância da folha.

Na aplicação do sensoriamento remoto na vegetação é interessante ressaltar alguns aspectos da interação da energia solar com a planta. Dos órgãos vegetativos da planta, a folha merece um destaque especial porque é nela que basicamente se realiza a fotossíntese, responsável pela formação de composto de carbono. Toda a organização da folha (forma, posição, estrutura etc.) está adaptada para um melhor aproveitamento dos raios solares, do ar e da água, necessários a fotossíntese. Assim, conhecimento das propriedades de uma folha é fundamental quando se pretende estudar a reflectância de uma planta ou cultura no campo. É óbvio que os dados obtidos de uma única folha não podem ser aplicados diretamente sem modificações, pois existem diferenças quantitativas e qualitativas entre os aspectos de uma folha e uma cultura no campo.

De uma forma geral, há uma busca crescente de novas metodologias no uso do sensoriamento remoto para estimativa da reflectância em vários cultivares com o objetivo de determinar as mais diversas variáveis que possam avaliar as características desses cultivares (Maas, 1988; Huete, 1988; Hamar et al., 1996; Boyd et al., 1996; Leblon et al., 1996). No Brasil, há uma escassez de informações das propriedades espectrais da cultura do amendoim, especialmente quando se trata das percentagens de macronutrientes ao qual está associado o solo, pois, a cobertura vegetativa tem uma relação com os componentes químicos que compõem o solo.

A reflectância da vegetação (dossel) nas faixas de comprimento de onda do visível e do infravermelho próximo tem sido amplamente utilizada para descrever a arquitetura das plantas (tais como o índice de área foliar) a biomassa (Scurlock & Prince, 1993; Fernández et al., 1994). Também se tem o uso do sensoriamento remoto na detecção de variáveis e características do crescimento, como o índice de área foliar sob diferentes níveis de irrigação (Fideles Filho, 1997).

Devido à necessidade de a folha captar o máximo de radiação solar, tem-se a predominância da área foliar quando comparada à área de outros órgãos. Tal

predominância é tão marcante que normalmente a área de outros órgãos, em contato com a radiação solar, é desprezada (Moreira & Assunção, 1984). Daí, a importância de se estudar a folha e sua estrutura quando se deseja conhecer a interação de plantas e culturas com a radiação eletromagnética.

Segundo Ponzoni & Disperati (1992), experimentos têm sido conduzidos em todo mundo voltados para a caracterização do comportamento espectral de partes de plantas, plantas e conjunto de plantas visando o atendimento de necessidades específicas que se estendem desde as estimativas de parâmetros biofísicos até a aquisição de dados compatíveis a modelos matemáticos destinados a previsão de fenômenos. Neste trabalho dar-se-á algumas informações relacionadas à caracterização do comportamento espectral de folhas, em particular, as do amendoimzeiro em relação aos níveis de cálcio e fósforo no solo.

Trabalhos no sentido de detectar diferenças de nutrientes por sensores remotos já existem. Sendo que o nutriente trabalhado é o nitrogênio (Jensen et al., 1990; Fernández et al., 1994; Fonseca et al., 2002). A detecção do nitrogênio é possível devido a sua influência tanto na taxa de expansão quanto na divisão celular, determinando assim o tamanho final das folhas. Então, o nitrogênio é um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa (Jensen et al., 1990). A detecção é obtida sabendo que à medida que aumenta os níveis de adubação nitrogenada, observa-se uma diminuição da reflectância em todos os comprimentos de onda da região do visível, devido ao aumento da quantidade de folhas e cloroplastos para interagir com a radiação (Jensen et al., 1990; Fernández et al., 1994).

Folha

A folha é órgão fotossintetizante das plantas. Em geral, nasce sobre o caule ou seus ramos e possui estrutura achatada e fina, de modo que o tecido clorofilano, responsável pela fotossíntese, fica próximo à superfície.

Quanto à classificação da forma, a folha pode ser elíptica, lanceolada, cadiforme, esagitiforme. No caso do amendoimzeiro a folha, contém folíolos elípticos.

Histologicamente, uma folha típica é constituída de três tecidos básicos: epiderme, mesófilo fotossintético e tecido vascular. A folha é, então, coberta por uma camada de células produtoras epidérmicas, na qual muitas vezes desenvolve uma fina e relativamente impermeável superfície externa. Abaixo da epiderme encontra-se o mesófilo fotossintético, que por sua vez, freqüentemente é subdividido numa camada ou camadas de células paliçádicas alongadas, arranjadas perpendicularmente a superfície da folha, que forma o parênquima. As células do parênquima são ocupadas por seiva e protoplasma. Espaços através do mesófilo estão os espaços intercelulares cheios de ar, os quais se abrem para fora através dos estômatos. Tal rede de passagem de ar constitui a via de acesso no qual o CO_2 alcança as células fotossintéticas e na qual o O_2 liberado na fotossíntese retorna à atmosfera externa. Uma terceira característica estrutural da folha é o tecido vascular. Esta rede de tecidos do sistema vascular não serve somente para suprir a folha com água e nutrientes do solo, também constitui a passagem pela qual fluem os produtos da fotossíntese que são produzidos na folha para as demais partes da planta.

As estruturas das células que compõem os três tecidos das folhas são muito variáveis, depende da espécie e das condições ambientais.

Os constituintes da folha que são considerados importantes sob o ponto de vista da interação com a radiação são: celulose (encontrados nas paredes celulares), solutos (ions, moléculas), espaços intercelulares e pigmentos existentes dentro dos cloroplastos (carotenos, xantofilas e clorofilas).

Comportamento Espectral da Folha

O comportamento espectral de uma folha é função de sua composição, morfologia e estrutura interna. Como as características das folhas são geneticamente controladas existirão, portanto, diferenças no comportamento espectral entre grupos geneticamente distintos. A Figura 2.1 ilustra possíveis caminhos da radiação ou energia incidente sobre a folha. Uma pequena quantidade de radiação é refletida das células da camada superficial; a maior parte é transmitida para o mesófilo esponjoso, onde os raios incidem freqüentemente nas paredes celulares, sendo refletidas se os ângulos de incidência forem suficientemente grandes (Gates, 1970). Esta reflexão múltipla é essencialmente um processo aleatório no qual os raios mudam de direção dentro da folha. Dado o grande

número de paredes celulares dentro da folha, alguns raios correspondentes a radiação são refletidos de volta para fonte de luz (ou radiação), enquanto outros são transmitidos através da folha. A espessura da folha é fator importante no caminho da radiação eletromagnética já que, em geral, a transmitância é maior que a reflectância para folhas finas. O inverso acontece com as folhas grossas.

A caracterização espectral ou resposta espectral de um alvo (no presente trabalho, a folha) trata-se da representação gráfica da reflectância em faixas de comprimento de onda bem estreitas e adjacentes. Esta representação traz como resultado a interação da radiação incidente com o alvo em estudo. Portanto, as variações de amplitude na caracterização espectral dão indícios das propriedades espectrais dos objetos (Bower et al., 1985; Novo, 1990; Ponzoni & Disperati, 1992; Steffen & Moraes, 1993; Freire, 1996; Barbosa, 2000).

A curva de reflectância de uma folha pode ser dividida em várias regiões: ultravioleta, visível (400 a 700nm), infravermelho próximo (700 a 1300nm) e a região do infravermelho médio (1300 a 2600nm). Todavia, os comprimentos de onda relativos ao ultravioleta, geralmente, não são considerados porque uma grande quantidade desta radiação é espalhada e a vegetação não faz uso desta e a região do infravermelho médio não será considerada aqui pelo equipamento sensor usado não trabalhar nessa região.

Na região do visível, os pigmentos existentes nas folhas dominam a reflectância espectral, onde são encontrados nos cloroplastos. Estes pigmentos são clorofila (65%), carotenos (6%) e xantofilas (29%) (Ponzoni & Disperati, 1992). Entretanto, os valores percentuais destes pigmentos apresentados nas folhas podem variar grandemente de espécie para espécie.

A radiação ao interagir com estrutura foliar provoca os fenômenos de absorção e espalhamento. A radiação é absorvida seletivamente pela clorofila e é em parte convertida em calor e/ou fluorescência, e também convertida fotoquimicamente em energia estocada na forma de componentes orgânicos através da fotossíntese. Os pigmentos predominantes absorvem na região do azul (450nm), mas somente a clorofila absorve na região do vermelho (645nm). A maioria das plantas é moderadamente transparentes na região do verde (540nm), ou seja, absorvem pouco. Esta transparência é enfatizada por Shul'gin & Keshnin (1959) apud Kumar (1972), em que estudando 80 espécies encontraram que a

absorção da radiação na região de 550nm a 670nm aumenta proporcionalmente com o aumento do conteúdo de clorofila.

Na região do infravermelho próximo existe uma absorção pequena da radiação por parte da folha com considerável espalhamento interno na folha. A absorção da água é geralmente baixa nessa região porque sua influência na reflectância da folha é menor. A reflectância espectral é quase constante nessa região.

Alguns pesquisadores como Gates (1970) mencionam que a reflectância espectral da folha na região do infravermelho próximo é o resultado da interação da radiação incidente com a estrutura do mesófilo. Fatores externos à folha, como disponibilidade de água, por exemplo, causa alterações na relação água-ar no mesófilo, podendo alterar a reflectância da folha nesta região.

Por fim, a região do infravermelho médio (1300-2600nm) é denominada pelo conteúdo de água das folhas onde se encontram dois máximos de absorção pela água, na região em torno de 1450nm e 2000nm (Novo, 1990; Ponzoni & Disperati, 1992; Freire, 1996; Barbosa, 2000).



Fig. 2.1 – Seção transversal de uma folha, com possíveis trajetórias da radiação incidente.

Fonte: Gates (1970), Modificado.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos, em número de três, denominados doravante I, II e III, foram conduzidos em casa-de-vegetação, no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Campina Grande – PB.

A cidade de Campina Grande está localizada na Zona Centro Oriental da Paraíba, no Planalto da Borborema. As coordenadas geográficas são de 7°8'S de latitude, 35°32'W de longitude e 547,6m de altitude. Seu período chuvoso é de março a julho e o mais seco de outubro a dezembro. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) apresenta precipitação média total anual de 802,7 mm, temperaturas máxima e mínima de 27,5°C e 19,2°C (caracterizadas como médias anuais) e umidade relativa do ar de 83,0%.

Quanto à casa-de-vegetação, trata-se de uma estrutura coberta e abrigada artificialmente com materiais transparentes que protegem as plantas contra os agentes meteorológicos exteriores (chuva, por exemplo). No seu interior podem ser cultivados os mais variados tipos de plantas. De acordo com a classificação de Oliveira (1995), a casa-de-vegetação da Embrapa de Campina Grande-PB, é do tipo casa de vidro climatizada. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa-de-vegetação, obtidos por um termohigrográfo estão apresentados na Tabela 3.1. As informações das condições ambientais correspondem a valores descendiais, referentes às épocas da realização de todos os experimentos (I, II e III).

TABELA 3.1 – Valores Médios Descendais de Temperatura e Umidade Relativa do ar no Interior da Casa-de-Vegetação, Embrapa-Algodão, Campina Grande-PB, 2002 e 2003.

EXPERIMENTOS	DATAS	VALORES	
		TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
I	01-10/09/2002	25,0	48,4
	11-20/09/2002	25,1	41,3
	21-30/09/2002	25,9	47,0
	01-10/10/2002	25,0	47,0
	11-20/10/2002	25,9	48,6
	21-31/10/2002	25,4	48,7
	01-10/11/2002	26,3	44,4
	11-20/11/2002	26,1	44,5
	21-30/11/2002	25,2	51,2
	01-10/12/2002	26,9	57,6
	11-20/12/2002	27,4	47,7
	21-31/12/2002	27,6	44,0
II	01-10/02/2003	26,7	70,0
	11-20/02/2003	27,3	58,6
	21-28/02/2003	25,3	57,1
	01-10/03/2003	25,0	69,0
	11-20/03/2003	24,7	78,4
	21-31/03/2003	25,4	70,7
	01-10/04/2003	25,9	64,5
	11-20/04/2003	28,2	55,0
	21-30/04/2003	25,6	71,4
	01-10/05/2003	26,3	64,1
	11-20/05/2003	27,1	69,4
	21-31/05/2003	25,5	66,7
III	01-10/07/2003	20,8	76,3
	11-20/07/2003	21,9	63,9
	21-31/07/2003	22,5	64,1
	01-10/08/2003	22,6	57,3
	11-20/08/2003	23,2	55,1
	21-31/08/2003	23,4	63,6
	01-10/09/2003	22,8	67,6
	11-20/09/2003	23,1	68,2
	21-30/09/2003	24,5	66,4
	01-10/10/2003	24,5	58,4
	11-20/10/2003	25,2	52,5
21-31/10/2003	24,8	47,1	

3.2 – MATERIAS USADOS NOS EXPERIMENTOS

3.2.1 - MATERIAL DO SOLO

O material do solo utilizado (classificado como Neossolo Regolítico, também denominado Regossolo) foi proveniente do município de Lagoa Seca – PB, coletado nas instalações da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária (EMEPA), e caracterizado química e fisicamente na EMBRAPA/Algodão e no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997).

A caracterização física, apresentada na Tabela 3.2, constou das determinações de granulometria, densidades aparente e real, porosidade total e conteúdos de água no solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente; e, a caracterização química, apresentada na Tabela 3.3, constou das determinações de pH (em água), teor de matéria orgânica, nutrientes disponíveis (fósforo, P; potássio, K; cálcio, Ca e Magnésio, Mg), nutriente adicional (sódio, Na) e alumínio trocável.

TABELA 3.2 – Características Físicas do Solo de Lagoa Seca-PB,
Considerando uma Profundidade de 0,20m, Campina Grande 2002.

GRANULOMETRIA (%)			DENSIDADE (kg/dm ³)		POROSIDADE (%)	CONTÉUDO DE ÁGUA (%)	
Areia	Silte	Argila	Aparente	Real		CC (-0,33atm)	PMP (-15atm)
60,54	19,47	19,99	1,50	2,72	44,85	6,36	1,79
Classificação Textural			FRANCO ARENOSO				

Análise: Embrapa-Algodão, Campina Grande-PB

TABELA 3.3 – Características Químicas do Solo de Lagoa Seca-PB,
Considerando uma Profundidade de 0,20m, Campina Grande 2002.

Complexo Sortivo (mmol _c /dm ³)							
Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	pH	P (mg/dm ³)	MO (g/Kg)
14,0	4,0	7,0	1,1	1,0	5,0	1,69	4,4

Análise: Embrapa-Algodão, Campina Grande-PB

3.2.2 – ESTERCO BOVINO

Ao material do solo foi incorporada uma adubação orgânica, com esterco bovino, proveniente da cidade de Barbalha no estado do Ceará, coletado nas instalações da Estação Experimental, na proporção de um para quatro do material do solo (25%), caracterizado física e quimicamente na EMBRAPA/Algodão de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997). As características físicas e químicas do esterco bovino são apresentadas na Tabela 3.4.

TABELA 3.4 – Características Físicas e Químicas do Esterco Bovino Utilizado
em Mistura com o Material do Solo, Campina Grande 2002.

DETERMINAÇÕES							
FÍSICAS		QUÍMICAS					
MATÉRIA ORGÂNICA (g/dm ³)		pH (H ₂ O) (1:2,5)	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	CaO (g/kg)	MgO (g/kg)
Orgânica	Mineral						
212,8	731,6	8,4	7,3	3,2	3,9	9,9	6,5

Análise: Embrapa-Algodão, Campina Grande-PB

3.2.3 – ADUBAÇÃO MINERAL

Como fonte de cálcio e fósforo, foram utilizados os seguintes adubos minerais: sulfato de cálcio (16% de Ca) e superfosfato triplo (42% P_2O_5), respectivamente, incorporado em diversas doses. Também incorporou o nitrogênio, utilizou o sulfato de amônio (20% de N), em dose única de 20kg/ha para todos os tratamentos.

3.2.4 – AGUA DE IRRIGAÇÃO

A água usada como irrigação das plantas do amendoim foi do abastecimento local e submetida à caracterização física e química no Laboratório de Saneamento Ambiental (AES/A) do Departamento de Engenharia Civil (UFCG), de acordo com os métodos analíticos geralmente utilizados em análises de águas (APHA, 1998), cujas variáveis e valores estão apresentadas na Tabela 3.5.

TABELA 3.5 – Características Físicas e Químicas da Água Usada na Irrigação dos Experimentos, Campina Grande-PB, 2002.

CARACTERIZAÇÕES	DETERMINAÇÕES	UNIDADES	VALORES
<i>Física</i>	<i>Condutividade Elétrica</i>	$\mu\text{ohm/cm}$	460
	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>		8,45
<i>Químicas</i>	<i>Sódio [Na⁺]</i>		527,3
	<i>Potássio [K⁺]</i>		3,86
	<i>Cálcio [Ca²⁺]</i>		19,91
	<i>Magnésio [Mg²⁺]</i>		7,20
	<i>Bicarbonato [HCO₃⁻]</i>	mg/l	79,3
	<i>Carbonato [CO₃²⁻]</i>		Ausente
	<i>Cloreto [Cl⁻]</i>		20,80
	<i>Amônia [NH₄⁺]</i>		0,57
	<i>Nitrato [NO₃⁻]</i>		0,94

Análise: Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB

3.2.5 - CULTIVAR

A cultivar de amendoim (*Arachis hypogaea L.*), objeto de estudo foi a BR-1*, que é de ciclo curto (98 dias), sugerido para o plantio pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPAs) para condições de sequeiro. O BR-1 pertence ao grupo valência, de porte ereto, possuindo haste principal com 35cm, arroxeadada, com seis ramos laterais. As flores possuem estandarte amarelas ouro, enervações de coloração vinho ao centro, com as características agrônômicas e tecnológicas em regime de sequeiro apresentadas na Tabela 3.6.

TABELA 3.6 - Características Agrônômicas e Tecnológicas da Cultivar de Amendoim Br-1, Cultivado em Regime de Sequeiro.

CARACTERÍSTICAS	DAE (DIAS APÓS A EMERGÊNCIA)
Ciclo (da emergência à colheita)	98
Início da Floração (DAE)	22
Peso de 100 vagens (g)	148
Peso de 100 sementes (g)	48
Vagens chochas (%)	12
Sementes Perfeitas (%)	84
Rendimento em casca (Kg/ha)	1700
Rendimento em sementes (Kg/ha)	1250
Rendimento em sementes (%)	72
Teor de Óleo (%)	45

Fonte: Santos et al., 1996

*A Cultivar BR-1 é um *bulk* formado pelo genótipo CNPA 95 AM, CNPA 96 AM e CNPA Roxo, coletadas nas regiões produtoras do Nordeste, em especial no estado da Paraíba.

3.3 – INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

As sementes do amendoim foram previamente tratadas com fungicida sistêmico do grupo químico Benzimidazol* para o combate de fungos fitopatogênicos do solo.

O material do solo foi destorroado e homogeneizado, em seguida, peneirado (malha de 2mm) para ser submetido às análises físicas e químicas. O esterco bovino foi misturado ao material do solo na proporção 1 para 3 do material do solo.

A unidade experimental contitui de um vaso de 22 litros, pintado de cor cinza metálica (prata) e com furos para facilitar a drenagem e lixiviação. Ainda para evitar o acúmulo de água e melhorar a lixiviação foram colocados tela em cada unidade na parte inferior interna e logo acima uma camada de cerca de 3cm de cascalho. Quarenta e oito horas antes da semeadura, fez-se uma irrigação “uniforme” em todas as unidades, na tentativa de deixar as unidades com a umidade do solo próxima da capacidade de campo, para favorecer a incorporação dos adubos minerais.

Assim, foram tomados os cuidados para a maior precisão experimental dos resultados, como por exemplo, as unidades experimentais com a mesma cor (prata), dispostas ao longo da bancada sentido Norte-Sul, acompanhando o comprimento maior da casa para uma distribuição uniforme da luz e irradiância solar e outros (Beltrão et al., 2002).

A semeadura foi realizada a uma profundidade de 2,0 a 2,5cm, utilizando-se de cinco sementes por unidade. A germinação ocorreu em torno de seis dias após a semeadura, com o surgimento de cinco plântulas por unidade. O primeiro desbaste foi realizado sete dias após a emergência, eliminado três plântulas. A escolha das plântulas não eliminadas, deu-se pelo tamanho uniforme e pela sua boa distribuição na unidade. Aos quinze dias após a emergência realizou-se o segundo desbaste, restando uma planta por vaso.

As irrigações foram diárias, de forma a repor a água consumida na evapotranspiração (cerca de 500ml) e manter o solo com umidade próxima à capacidade de campo. Depois da fase de floração foi utilizado cerca de 700ml de água

*Nome comercial de Benomyl 500

O experimento II foi semelhante ao experimento I, só que o experimento II foi realizado para avaliar o efeito residual (do material do solo) dos diversos tratamentos do experimento I. Já o experimento III foi realizado utilizando a mesma metodologia dos experimentos I, em que a diferença constou dos valores das doses de cálcio e fósforo, da quantidade de tratamentos e, conseqüentemente, do número de repetições. As principais características para a execução de cada um dos experimentos (I, II e III) são enfatizadas e apresentadas na Tabela 3.7.

No decorrer dos experimentos, a cultura foi mantida livre de pragas e ervas daninhas, sendo estas eliminadas manualmente. Para o controle de pragas, foram empregados inseticidas sistêmicos Agrophos Monocrotophos e Endosulfan.

As colheitas, realizaram-se aos 98, 96 e 98 dias após a emergência, nos experimentos I, II e III, respectivamente.

TABELA 3.7 – Avaliações Realizadas por Experimento.

CARACTÉRISTICAS*	EXPERIMENTOS		
	I	II**	III
Variáveis Espectrais	♦		
Efeito residual do Material do Solo		♦	
Análises do Material do Solo	♦		
Variáveis Agronômicas	♦	♦	♦
Variáveis de Desenvolvimento	♦		
Variáveis de Crescimento	♦		
Análise Foliar	♦		
DATAS	ANO 2002	ANO 2003	
INÍCIO	05 Set	04 Fev	08 Jul
GERMINAÇÃO	10 Set	10 Fev	15 Jul
TÉRMINO	12 Dez	07 Mai	15 Out
COLHEITA	17 Dez	14 Mai	22 Out

* Cada uma das características mencionadas são descritas a seguir

** O principal alvo de estudo no experimento II foi o efeito residual do material do solo, após o experimento I.

3.4 - TRATAMENTOS

Esta pesquisa conta de três experimentos (I, II e III). Os dois primeiros experimentos constaram de 20 tratamentos, cada um com três repetições e o terceiro constou de 15 tratamentos com quatro repetições; ou seja, totalizando 60 unidades experimentais (ou vasos de 22 litros) em cada experimento. O experimento I tinha um esquema de análise fatorial 5×4 , sendo os fatores cinco doses de cálcio (0; 300; 600; 900 e 1200 kg de CaSO_4 /ha) e quatro doses de fósforo (0; 50; 100 e 150 kg de P_2O_5 /ha). O experimento II avaliou o efeito residual do material do solo do experimento I. Já o experimento III tinha um esquema fatorial de 3×5 , sendo os fatores três doses de cálcio (0 300 e 600 kg de CaSO_4 /ha) e cinco doses de fósforo (0; 50; 100 e 150 e 200 kg de P_2O_5 /ha). As doses de cálcio e fofósfo foram aplicadas em cobertura na semeadura. Em cada um dos experimentos, todos os tratamentos tiveram um lastro de nitrogênio, aplicado em cobertura na dose de 20 kg de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /ha no início da floração e o potássio não necessitou ser corrigido. A umidade do solo foi mantida numa faixa que não apresentasse deficiência hídrica.

3.5 - VARIÁVEIS ANALISADAS

A “extensão” dos efeitos causados pela aplicação de doses de cálcio e fósforo ao solo foi avaliada através de atributos de plantas (variáveis de crescimento, de desenvolvimento e agronômicas) e do próprio solo (propriedades químicas).

3.5.1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Ao término do experimento I, foram coletadas amostras de solo, procedentes de todos os tratamentos, para a análise química da determinação das seguintes variáveis: pH, nutrientes primários (N, P e K), secundários (Ca e Mg), alumínio trocável e matéria orgânica.

3.5.2 – VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO

Algumas variáveis, aqui denominadas de desenvolvimento e crescimento, são àquelas que se referem as variáveis que caracterizam alguma fase do período vegetativo, que podem evidenciar características do estado nutricional das plantas como: número de flores, número de ginóforos, número de nódulos, fitomassa parte aérea, fitomassa raiz, fitomassa vegetativa (aérea + raiz), fitomassa total, comprimento de vagens e largura de vagens.

Quinzenalmente, a partir da fase de floração, foram contados o número de flores e de ginóforos. Para que não houvesse perda de dados, devido principalmente à senescência (murchamento) e abscisão (queda) de folhas, diariamente coletaram-se, em cada planta, as folhas e flores que caíam. Estas folhas e flores foram armazenadas em sacos de papel de acordo com o tratamento.

No final de cada experimento (I e II) houve a coleta das plantas, com a separação da parte aérea, frutos e raiz. Os frutos foram secos durante alguns dias (cerca de 7 dias) para eliminação da umidade. No caso do experimento I, as raízes foram lavadas e secas à sombra, em seguida, foi feita a contagem do número de nódulos de cada raiz. Por último, as raízes e a parte aérea foram juntamente colocadas em estufa (65°C), durante 72 horas até peso constante, para obtenção do peso da matéria seca.

O crescimento do amendoim foi acompanhado através de dados relativos à variação da altura das plantas, da área foliar e do diâmetro do caule, em intervalos regulares durante o ciclo da cultura. Sendo a área foliar determinada pelo número e a área (comprimento e largura do folíolo de cada folha) dos folíolos das folhas. A determinação da área de cada folíolo é dada pela comparação da área de uma elipse.

Para a determinação das variáveis de crescimento: altura de plantas, diâmetro caulinar e área foliar, usou-se, respectivamente, trena, paquímetro e régua. As variáveis de crescimento foram determinadas no experimento I a cada 10 dias após a emergência. No caso da área foliar, a determinação foi obtida pelo comprimento (Comp) e largura (Larg) de cada folíolo, em considerou-se a forma elíptica para o folíolo, cuja área é

$$\frac{\pi \text{Larg} \text{Comp}}{4}$$

3.5.3 – VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

As variáveis denominadas agronômicas correspondem à produtividade de amendoim em casca, rendimento em sementes, percentagem de sementes perfeitas, percentagem de vagens chochas, número de vagens por planta, número de sementes por vagens e o teor de óleo.

O teor de óleo foi obtido pelo equipamento RMN (Ressonância Magnética), que é um espectrômetro de onda contínua para análise quantitativa, o Oxford (Oxford, 1995). As condições padronizadas para as determinações do conteúdo de óleo por RMN foram corrente de rádio freqüencial de 2,2 MHz com volume de amostra de 40cm³ e um tempo de integração de 20 segundos.

3.5.4 – VARIÁVEIS DA ANÁLISE FOLIAR

Para avaliar o estado nutricional das plantas, foram determinados os teores relativos dos nutrientes primários: N, P e K e secundários Ca e Mg das folhas das plantas correspondentes a cada tratamento do experimento I de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997).

3.5.5 - VARIÁVEIS ESPECTRAIS

As variáveis espectrais correspondem às medidas de reflectância e de transmitância de uma folha individual durante o ciclo da cultura com um Integrador Esférico LI-1800-12 interligado com um espectralradiômetro portátil com um cabo de fibra ótica. Para isso, foi utilizada uma fonte de luz artificial, simulando a luz do sol. O espectralradiômetro LI-1800 da LI-COR é um equipamento não imageador, produzindo uma curva espectral que caracteriza as grandezas radiométricas (reflectância, transmitância ou absorvância), com uma resolução espectral de 2nm, possuindo um sensor denominado de cosseno coletor, que possibilita variar o ângulo de visada do alvo.

Estas medidas foram feitas em casa de vegetação (*in situ*) nas superfícies adaxial e abaxial em uma folha individual. A folha foi colocada na porta amostral do

integrador que, por sua vez, recebeu a fonte artificial. As medidas foram realizadas semanalmente (a cada sete dias) em todos os tratamentos, em um bloco (uma repetição), no experimento I. A folha considerada para a tomada dos dados foi a segunda folha (selecionada àquela com tamanho considerável em relação as demais), a partir do topo da planta para cada tratamento.

Com o espectrorradiômetro foi possível obter a reflectância $[r(\lambda)]$ e a transmitância da folha $[t(\lambda)]$, em que a obtenção da absortância $[a(\lambda)]$ é dada pela Lei de Kirchoff $[a(\lambda) + r(\lambda) - t(\lambda) = 1]$, sendo λ o comprimento de onda, pois estas grandezas são espectrais.

3.6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os efeitos dos diferentes níveis de cálcio e fósforo foram avaliados pelo método da análise de variância univariado, utilizando o delineamento experimental em blocos ao acaso.

O modelo matemático associado aos experimentos é o que se segue (Pimentel Gomes, 1987):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + b_k + \varepsilon_{ijk} \quad [3.1]$$

Onde Y_{ijk} é o valor observado na parcela que recebeu a i -ésima dose de cálcio, j -ésima dose de fósforo, no k -ésimo bloco; μ é o efeito da média geral da característica na população; α_i é o efeito fixo da i -ésima dose de cálcio, com $i = 0, 300, 600, 900$ e 1200 kg/ha para os experimentos I e II e com $i = 0, 300$ e 600 kg/ha para o experimento III; β_j é o efeito fixo da j -ésima dose de fósforo, para os experimentos I e II e com $j = 0, 50, 100, 150$ e 200 kg/ha para o experimento III; $(\alpha\beta)_{ij}$ é o efeito fixo da interação entre a i -ésima dose de cálcio com a j -ésima dose de fósforo; b_k é o efeito devido ao bloco k , em que se encontra a parcela; e, ε_{ijk} é o erro experimental, aleatório, associado a cada observação. O valor Y_{ijk} suposto distribuição NID $(0, \sigma^2)$, com $k = 1, 2$ e 3 para os experimentos I e II e $k = 1, 2, 3$ e 4 para o experimento III.

Após a realização da análise da variância de acordo com o modelo supracitado, sequenciou as análises em duas etapas:

a) Quando a interação cálcio x fósforo foi significativa, utilizou-se o modelo polinomial, dando preferência ao quadrático, conforme a expressão matemática (Pimentel Gomes, 1987; Ferreira 1996):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{1i}^2 + \beta_4 X_{2i}^2 + \beta_5 X_{1i} X_{2i} + \varepsilon_i. \quad [3.2]$$

Onde β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 e β_5 são os coeficientes de regressão, X_{1i} é a dose de cálcio, X_{2i} é a dose de fósforo e ε_i é o erro experimental associado a cada observação i . A representação gráfica desse modelo é uma superfície de resposta. O ajuste foi feito pelo SAS (*Statistical Analysis System*), através do procedimento PROC RSREG.

b) Quando a interação cálcio x fósforo foi não significativa, desdobrou os graus de liberdade associados aos níveis de cálcio e fósforo em componentes ortogonais, testando-se a significância para os coeficientes lineares, quadráticos e cúbicos, através da metodologia de regressão polinomial.

Com respeito às variáveis de crescimento, foram utilizados modelos logísticos, conhecidos também por modelos sigmóides. Dentre vários modelos existentes na literatura, foi utilizado o que se segue (Richards, 1969):

$$Y_i = \frac{A}{1 + e^{-(B + C t_i)}} + \varepsilon_i. \quad [3.3]$$

Sendo A a estimativa assintótica do crescimento máximo, B e C constantes de ajustamentos, t_i o tempo em dias e ε_i o erro experimental.

Para a obtenção dos valores instantâneos da taxa de crescimento da altura da planta (ALT), do diâmetro caulinar (DIAM) e da área foliar (AF), foram empregadas as derivadas das equações ajustadas de acordo com a equação da curva logística (Equação 3.3) em relação ao tempo (Radford 1967; Richards 1969). Assim, a taxa de crescimento relativa (TCR) para cada uma das variáveis foi dada por:

$$TCR_{ALT} = \frac{\partial ALT / \partial t}{ALT} \quad [3.4]$$

$$\text{TCRDIAM} = \frac{\partial \text{DIAM} / \partial t}{\text{DIAM}} \quad [3.5]$$

$$\text{TCRAF} = \frac{\partial \text{AF} / \partial t}{\text{AF}} \quad [3.6]$$

Em algumas variáveis houveram a necessidade de se usar transformações, sendo utilizada $\sqrt{X + 1}$ de acordo com o coeficiente de variação.

Com relação à comprovação da interação significativa da variável, não se pode admitir que sejam independentes nos intervalos estudados, as respostas ao cálcio e ao fósforo. Nestas condições, o nível ótimo da adubação cálcica depende do nível de adubação fosfatada, e vice-versa. Pode-se, então, ser testadas pelo menos três soluções possíveis (Pimentel Gomes & Conagin, 1987): [a] considerar as 20 combinações, no caso dos experimentos I e II, de 5 níveis de cálcio com 4 de fósforo com 20 tratamentos distintos escolher dentre eles o mais conveniente; [b] buscar uma curva de resposta de cálcio para cada nível de fósforo e, depois uma curva resposta de fósforo para cada nível de fósforo, selecionando depois, dos resultados ótimos de cada caso, qual deve ser o recomendado e [c] ajustar uma superfície de resposta com as duas variáveis independentes que estude simultaneamente os dois nutrientes.

Particularmente, neste trabalho, estudaram-se as soluções [b] e [c]. O estudo da solução [b] foi adotado quando o coeficiente de regressão obtido para a superfície de resposta da variável considerada possuir um valor acima de 0,5 (50%). Assim, desconsiderou-se a solução [a], porque deixa de lado o aspecto quantitativo dos tratamentos, indicando apenas o melhor tratamento incluído no ensaio, sem buscar uma aproximação melhor para os níveis a serem recomendados.

Cabe ressaltar, que na solução [c], as superfícies mais utilizadas são polinomiais de segundo grau a duas variáveis, polinomial com raiz quadrada, a lei de Mitscherlich e Cobb-Douglas. Sendo que a mais usada e, provavelmente, a mais conveniente é a polinomial de segundo grau com duas variáveis, pois seu uso é muito mais fácil, não há dificuldade na obtenção dos estimadores independentes e as complicações como aparecimento de pontos de sela são menos comuns, como acontece com os polinomiais com raiz quadrada (Pimentel Gomes et al., 1982a e b).

Na ausência de uma superfície de resposta representativa ou de uma superfície de resposta com coeficiente de regressão inferior a 0,50 (50%), mesmo detectado interação significativa, buscou-se uma curva de resposta das doses de fósforo para cada nível de cálcio e, depois uma curva das doses de cálcio para cada nível de fósforo, selecionado dos resultados ótimos de cada, qual o que deve ser recomendado. Na seleção das curvas de respostas, a interação deve ser significativa, dando preferência aos efeitos lineares e quadráticos, mesmo quando os desvios de regressão são significativos. O efeito foi significativo, mas apresentou um baixo coeficiente de regressão, optou-se por apresentar os resultados da tendência seguida pelos pontos observados por linhas não suavizadas. A escolha entre os efeitos lineares e quadráticos deu-se através daquele que apresentou maior coeficiente de regressão.

3.6.1 - AVALIAÇÃO DO EFEITO RESIDUAL

A determinação do efeito residual é dada sabendo que o efeito de um nutriente, em geral, não ocorre só no ano de aplicação. Assim, uma dose x de um nutriente aplicada num momento (ciclo), poderá em outro momento seguinte, produzir o efeito análogo ao de uma dose hx aplicada no momento anterior. O fator h , que está no intervalo fechado de 0 a 1, estima o efeito residual do nutriente (Colwell, 1981).

O fator h foi determinado através de regressão apropriada; se a equação para o primeiro ciclo (ano, semestre, ...) é o polinômio do segundo grau,

$$y_1 = a_{01} + a_{11} x + a_{21} x^2 \quad [3.7]$$

e a equação no segundo ciclo, é um polinômio do segundo grau,

$$y_2 = a_{02} + a_{12} (hx) + a_{22} (hx)^2 \quad [3.8]$$

Onde y_1 e y_2 são as variáveis a serem analisadas, x corresponde às doses dos nutrientes (cálcio e fósforo), h a estimativa do efeito residual e a_{01} , a_{11} , a_{21} , a_{02} , a_{12} e a_{22} são os coeficientes devido à regressão. Então, por método apropriado a modelos não-lineares, pode-se estimar o fator h .

Como as únicas variáveis, em comum, analisadas tanto no experimento I (primeiro ciclo) como no experimento II (segundo ciclo) são as de desenvolvimento e crescimento e agronômicas, então, a partir das curvas de respostas destas variáveis é que se determinou o fator h para cada uma delas. O fator h total do efeito residual de cada nutriente foi obtido pela média dos fatores h de cada variável.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS MATERIAIS UTILIZADOS

EXPERIMENTO I

A – MATERIAL DO SOLO

O material do solo utilizado nos experimentos é típico da região de Campina Grande (Neossolo, anteriormente denominado Regossolo). O solo foi classificado com franco arenoso, apresentando 60,54% de areia, 19,47% de silte e 19,99% de argila (Tabela 3.2). A capacidade de campo foi $CC = 6,36\%$, que representa o limite superior de água disponível no solo para o desenvolvimento das plantas e corresponde à umidade média de uma camada de solo após a redistribuição de água de chuva ou irrigação; e define-se como a quantidade de água que permanece no solo após cessar o gravitacional. O ponto de murcha permanente é $PPM = 1,79\%$, representa o limite inferior de água disponível no solo, retido tão fortemente que as plantas não têm capacidade de utilizar. Todavia, sabe-se que a capacidade de campo não é uma quantidade exata e o ponto de murcha permanente não possui valor constante (MIFS, 1998).

Na realidade, o que se pode evidenciar é que a água disponível para plantas em crescimento é a quantidade que o solo contém entre a CC e o PMP. Para o solo a água retida é $4,57\%$, que representa o máximo de água que poderá ser disponível para a cultura do amendoim. A densidade aparente, também chamada de global ou densidade do solo teve valor de $1,50\text{g/cm}^3$, expressa a relação entre a massa do solo seco e seu volume total. A densidade aparente é bastante variável, devido a sua dependência com a pressão (Cerqueira, 1986), pois os espaços intercalares podem ser maiores ou menores (ou ainda, a dependência com a textura, estrutura e grau de compactidade). Silva (1999), coloca que o seu valor pode atingir de $1,3\text{-}1,8\text{ kg/dm}^3$ em solos arenosos. A densidade real ou densidade das partículas foi de $2,72\text{ kg/dm}^3$, definida como a relação entre a massa do solo e o volume das partículas minerais e orgânicas constituintes, ou seja, na sua determinação só é levada em consideração as partículas sólidas, descontando-se os vazios.

De acordo com Silva (1999), a densidade real é função da natureza mineralógica das partículas; e, para solo com baixo teor de matéria orgânica seu valor está entre 2,6-2,7 kg/dm³. Trata-se de um atributo útil na determinação do volume de poros, que expressa a porção do solo não ocupada por sólidos. A porosidade total do solo foi 44,85% e tem um papel importante na fertilidade do solo, devido a sua influência na retenção de água, aeração e na produtividade tem-se a facilidade para o desenvolvimento das raízes (Cerqueira, 1986).

Na caracterização química do solo (Tabela 3.3), o teor de matéria orgânica mostrou-se baixo. De acordo com Tomé Jr. (1997), baixos teores de matéria orgânica são freqüentes em solos que apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC) total e efetiva, o que possibilita elevada lixiviação das bases (Ca, Mg e K). A CTC define a capacidade do solo para reter e trocar cátions. A troca de íons é uma importante propriedade que permite aos solos reter diversos elementos em formas facilmente acessíveis para as plantas. A CTC indica o tamanho do “reservatório” do solo em reter cátions. Além de a matéria orgânica interferir na CTC, a quantidade de argila influencia a CTC do solo. O valor encontrado de pH 5,0 é de valor aproximado para cultura do amendoim cujo valor deve estar entre 5,8 e 6,5. Para Martin (1985) pH abaixo de 5,5, deve-se aplicar o calcário dolomítico. Os teores de magnésio, potássio e alumínio foram considerados baixos 4,0; 1,1 e 1,0 mmol/dm³, respectivamente. Enquanto, o sódio 7,0 mmol/dm³ é considerado médio e o cálcio 14,0 mmol/dm³ alto (Tomé Jr., 1997; MIFS, 1998). A quantidade de fósforo 1,69 mg/dm³ é classificada na maioria das interpretações de níveis de fertilidade como muito baixa a baixa.

A troca de íons é uma importante propriedade que permite aos solos reter diversos elementos em formas facilmente acessíveis para as plantas. A percentagem de saturação do alumínio expressa a fração ou o percentual da CTC efetiva ocupado pela acidez trocável, cujo valor é 3,69%. Assim, a percentagem de saturação por base da CTC efetiva a pH 7,0 é 96,31%. Segundo Raij (1988), para solos do estado de São Paulo, o alumínio trocável desaparece com a saturação em bases em torno de 50%. Para pH 5,6 não deve existir alumínio trocável no solo e, conseqüentemente, a percentagem de saturação por alumínio da CTC efetiva deve ser praticamente zero, ou em outras palavras, a percentagem de saturação por bases da CTC efetiva deve ser 100%, ou a acidez trocável deixa de existir (MIFS, 1998). Portanto, à medida que se aumenta o nível de concentração de Ca⁺², Mg⁺² e K⁺, reduz o teor de alumínio.

Para Cerqueira (1986), a acidez do solo resulta, normalmente, da falta de cátions, especialmente os alcalinos Ca^{2+} , K^+ e Na^+ , dos quais o Ca^{2+} é o mais importante, daí o pH de 5,0 ser classificado como mediantemente ou médio ácido. Não é o ideal para amendoim, mas não chega a ser tóxico. Raij (1988), afirma que mesmo em solução nutritiva, há evidência que o sulfato de cálcio pode diminuir o efeito tóxico do alumínio. Este mesmo autor, também afirma que o cálcio tem um efeito benéfico no crescimento das raízes em presença do alumínio, embora seu efeito seja limitado. No caso desta pesquisa, verifica-se a eliminação do alumínio após a condução do experimento I, mesmo nos tratamentos que houve ausência da incorporação do cálcio no solo. A explicação para a eliminação não poderia estar na adubação nitrogenada, pois, a absorção de íons NH_4^+ aumenta a acidez. Entretanto, a eliminação do alumínio deve estar relacionada ao balanço de cátions e ânions no solo. Então resta o fato da incorporação da matéria orgânica, que complexa o alumínio em solução, reduzindo sua atividade (Raij, 1988; Raij, 1991; Pavan & Oliveira, 1997).

A caracterização química do solo no final do experimento I, referente a análise de variância pode ser vista na Tabela 1-1E (Anexos). Verificam-se respostas significativas apenas dos fatores isolados para o cálcio, o fósforo, a matéria orgânica e a atividade do íon hidrogênio $[\text{H}^+]$ do solo e não houve respostas significativas do magnésio, sódio e potássio do solo. Para o cálcio, a matéria orgânica e o $[\text{H}^+]$, ocorreram respostas significativas para as doses de cálcio adicionadas ao solo, sendo que apenas a matéria orgânica a significância foi de 1% de probabilidade pelo teste F e para as demais variáveis foram de 5%. Com relação ao fósforo, houve resposta significativa a 1% de probabilidade das doses de fósforo adicionadas ao solo.

Para o complexo sortivo, como específico do cálcio no material do solo o efeito com relação às doses de cálcio adicionadas ao solo foi linear com nível de significância de 1% e coeficiente de regressão $R^2 = 0,985$ (Figura 4.1-1). O que se pode constatar sobre os valores do complexo sortivo do cálcio é que foram bem superiores mesmo, considerando o teor incorporado em cada tratamento, devido a adição do esterco bovino (matéria orgânica) durante a preparação do material do solo (cuja caracterização química foi na Tabela 3.4). A adição de esterco bovino deve ter aumentado a capacidade de troca de cátions e também devido, o fato dos teores de cálcio no solo diminuírem sistematicamente com profundidade. Talvez, esses motivos expliquem os altos teores de cálcio detectados no final do experimento I, pois, as amostras de solo retiradas das unidades foram das camadas

próximas à superfície. Ainda para identificar que mesmo com esses altos teores de cálcio detectados no material do solo no final do experimento, a parte usada pelas plantas para seu metabolismo foi suficiente para influenciar as variáveis de produção. Daí, este fato parece ser uma das principais causas que limitam o crescimento radicular em profundidade e, portanto, a produção das plantas. Uma verificação lógica, é que os valores dos teores de cálcio necessários para o ótimo desenvolvimento das plantas dependem da sua relação com os demais cátions trocáveis.

O cálcio, em geral, não é considerado nutriente importante em programas de adubação, em solos que recebem aplicações normais de corretivo de acidez e de fertilizantes. As quantidades aplicadas superam em muito as necessidades das culturas. Para enfatizar a veracidade desta prática, Rajj (1988) coloca que para o desenvolvimento radicular das plantas, a necessidade de cálcio passa a ter um enfoque completamente diferente e muito relacionado ao uso de gesso agrícola.

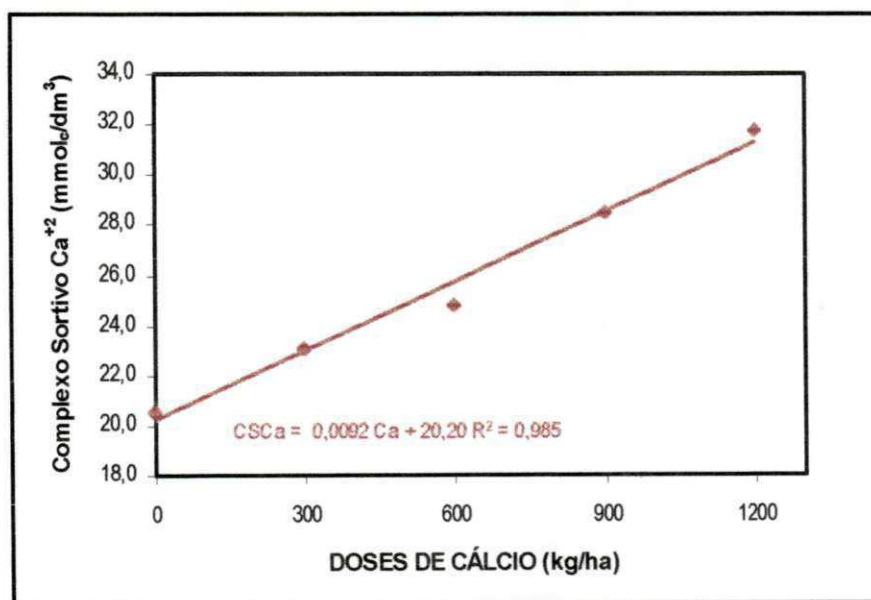


Fig. 4.1-1 – Complexo sortivo do cálcio (CSCa) do solo no final do Experimento I, em função das doses de adubação cálcica, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Apesar de haver dificuldades em separar a deficiência de cálcio da toxidez causada pelo alumínio, Ritchey et al. (1982 e 1983) e Chaves et al. (1984) têm demonstrado a importância da nutrição de cálcio nos solos do Brasil. Particularmente, pelos resultados obtidos no presente trabalho, a toxidade do alumínio foi reduzida, ou melhor, eliminada

pela adição da matéria orgânica (esterco bovino); mas a forma livre de Ca^{2+} foi influenciada pela adição de cálcio.

Para o magnésio (Mg^{2+}) não foi identificado efeito significativo com relação as doses de cálcio e fósforo incorporados ao solo pela adubação. O magnésio é um elemento essencial para todas as plantas superiores e segundo Neptune (1986) é um elemento constituinte da clorofila, além de ser ativador de vários sistemas enzimáticos. O magnésio funciona como um transportador de P dentro da planta (Larcher, 2000). Logo, o nível de magnésio no material do solo parece que foi suficiente para tal transporte.

Semelhante ao que aconteceu com o magnésio, não foi identificado efeito significativo com o sódio, o potássio e o alumínio. O sódio, mesmo não tendo efeito significativo, talvez sua ação, seja explicado na contribuição para a elevação do pH do solo no final dos experimentos. O potássio tem um papel importante, mas não bem conhecido, particularmente, na utilização da água através de sua ação sobre o desenvolvimento das raízes e permeabilidade da membrana celular (Larcher, 2000).

Já o alumínio é o elemento problema, por ser tóxico às plantas, prejudica o desenvolvimento das raízes. Ao ocorrer à neutralização da acidez do solo, primeiro desaparece a maior parte do alumínio e, só depois o hidrogênio. A neutralização da acidez do solo foi verificada em todos os tratamentos. Segundo Raij (1988), para os solos do estado de São Paulo, o alumínio desaparece quando a saturação de bases é em torno de 50%. No caso do solo usado, houve o desaparecimento do alumínio e a saturação de bases da CTC efetiva é 96,31%.

Para o teor de fósforo, o efeito com relação as doses de fósforo adicionados ao solo foi linear, com nível de significância de 1% e coeficiente de regressão $R^2 = 0,983$ (Figura 4.1-2). Este apresenta valores bem superiores com relação ao valor no início do experimento, mesmo considerando os teores incorporados em cada tratamento, e a explicação está no fato da adição do esterco bovino ao material do solo.

O teor de fósforo na solução do solo (P-trocável e P-não trocável) depende de vários fatores, como a matéria orgânica do solo, o tipo de fertilizante, dos minerais constituintes do solo, da lixiviação, da remoção pelas culturas e do esterco utilizado (MIFS, 1998). Estas relações influenciam o fósforo (P-trocável e P-não trocável), pois somente uma quantidade pequena é adequada para o desenvolvimento normal das culturas.

A maior parte do fósforo é revestida ou transformada em formas fixadas. Como coloca Goedert & Souza (1986) uma alternativa de diminuir o reservatório de P-não-lábil do solo pode ser obtido pelo aumento de pH (calagem) e pela adição de matéria orgânica. É uma forma de compensar as quantidades de fósforo extraídas do solo pelas culturas, pois a sua aplicação deve ser suficiente para compensar a imobilização desse elemento no solo.

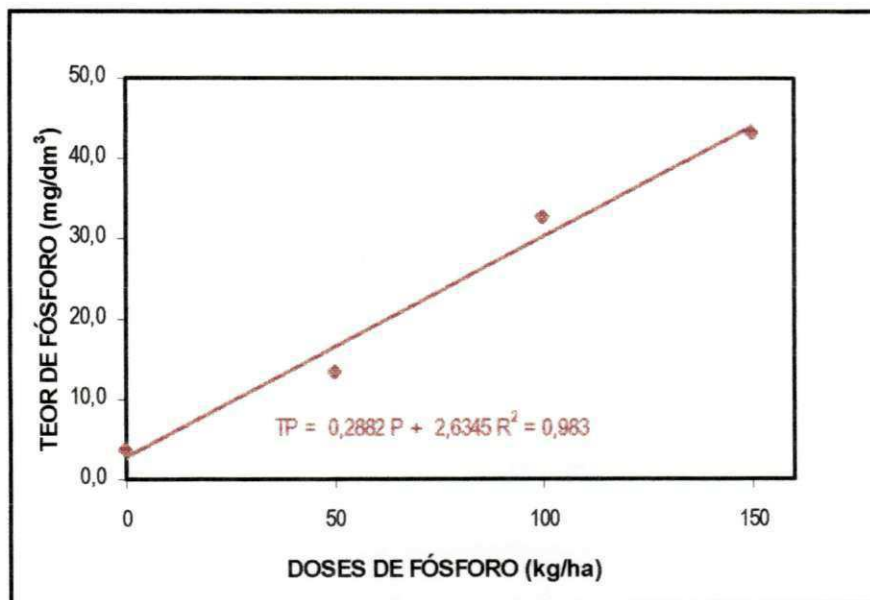


Fig. 4.1-2 – Teor de fósforo (TP) do solo no final do Experimento I, em função das doses de adubação fosfatada, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

A matéria orgânica no solo foi influenciada pelas doses de cálcio, cujo efeito foi linear. Assim, o aumento das doses de cálcio incorporadas ao material do solo proporcionou um aumento no teor de matéria orgânica (Figura 4.1-3). Apesar do aumento das doses de cálcio elevar os teores de matéria orgânica, a variação da matéria orgânica para o tratamento que recebeu a dose máxima de cálcio de 1200kg/ha e o tratamento com a ausência da dose de cálcio (dose 0kg/ha) implica num valor de 2,28 g/kg, ou um aumento de 34,5%. Tal fato pode ser explicado que se maior é a quantidade de íons de cálcio retidos no solo provenientes da adubação, maior será a CTC. Como a CTC depende da quantidade e do tipo de argila e da matéria orgânica (MIFS, 1998), era de se esperar que houvesse um aumento do teor de matéria orgânica, ou que seu efeito fosse pronunciado, já que com aumento dos cátions Ca^{+2} maior será sua retenção.

Além disso, o Ca^{+2} é o segundo na série liotrópica a ser retido pelo solo. Talvez, esse fato explique a não significância dos íons de magnésio e potássio com relação às doses de cálcio e, portanto, com o teor de matéria orgânica. Também a reação de troca catiônica indica que existe um equilíbrio entre cátions trocáveis e em solução. Em um dado momento, a maior parte dos cátions trocáveis, encontram-se absorvidas aos colóides do solo. Não obstante isso é a composição da solução do solo que afeta a nutrição vegetal e, portanto, a relação entre cátions da solução do solo e os cátions trocáveis, tem merecido muita atenção (Raij, 1988).

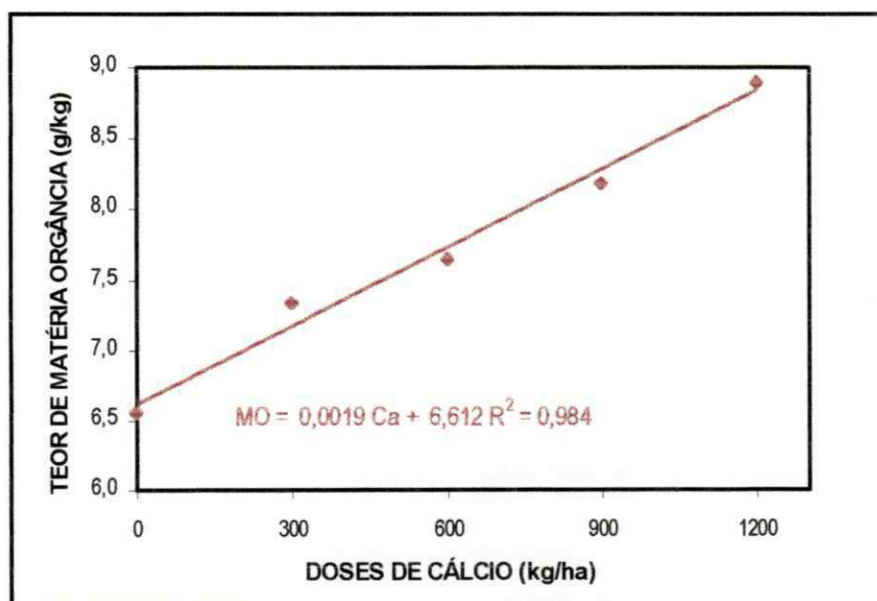


Fig. 4.1-3 – Teor de matéria orgânica (MO) do solo no final do Experimento I, em função das diferentes doses de adubação cálcica, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

A atividade do íon hidrogênio $[\text{H}^+]$, foi influenciada pelas doses de cálcio incorporadas ao solo, que aumenta a presença de cátions Ca^{2+} , reduzindo o pH (Figura 4.1-4). A acidez é resultado da falta de cátions, especialmente, os alcalinos, dos quais o cálcio é o mais importante (Cerqueira, 1986). Pode-se argumentar que a eficácia dos adubos depende em grande parte da riqueza do solo em cálcio; que podem influenciar sistematicamente, embora não semelhante ao efeito no sentido de calagem; a sua falta pode afetar a ação de adubos, em que para Cerqueira solos com pouco cálcio a ação é fraca.

O efeito do pH é traduzido para a fertilidade do solo como um indicador da disponibilidade dos elementos no solo. A acidez e, portanto, o pH baixo acarreta entre

outros fatores o aumento da toxidez do alumínio, redução da fixação simbiótica de nitrogênio pelas leguminosas e redução de nutrientes como fósforo. Apesar de ser fator indicador, seu conhecimento isolado não é auto-suficiente. O pH ótimo em uma região pode não ser o melhor em outras regiões, depende da cultura e de outros fatores (MIFS, 1998). Então, é óbvio, que o conhecimento do solo em que se trabalha, assim como a cultura, é essencial para se poder atingir o pH ótimo.

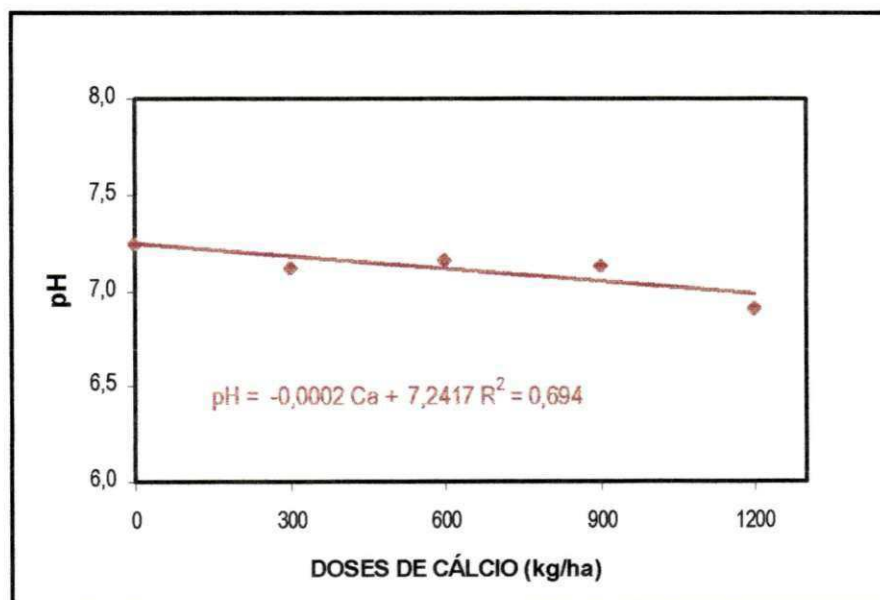


Fig. 4.1-4 – Potencial hidrogeniônico (pH) do solo no final do Experimento I, em função das doses de adubação cálcica, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

É importante ressaltar que o efeito alcalino das plantas sobre o solo, só se manifesta no caso de excesso de absorção de ânions sobre cátions. Em solo com pouco N, a absorção de Ca^{+2} pode levar à liberação de H^+ pelas raízes, ocorrendo dissolução de Al^{+3} por causa da acidificação do solo, no caso, promovida pelo excesso de absorção de cátions sobre ânions (Kirlaw & Bouldin, 1987).

De uma forma geral, o potencial hidrogeniônico foi reduzido com o aumento das doses de cálcio. Todavia, esperava-se que houvesse um aumento, pois a diminuição das doses de cálcio favorece uma velocidade de decomposição maior e, portanto, uma tendência a acidez (pH menores). Mas, aconteceu o contrário houve uma diminuição do pH com o aumento das doses de cálcio. Talvez, este caso seja explicado pelo próprio tipo de cultura utilizada, o amendoim.

B – ESTERCO

O esterco apresentou um percentual de 21,3% de matéria orgânica; 0,73% de nitrogênio; 0,32% de P_2O_5 ; 0,32% de K_2O , 0,99% de CaO e 0,65 de MgO (Tabela 3.4). Assim, o percentual de matéria orgânica do esterco contribui bastante para o aumento da capacidade de troca de cátions. Valendo salientar, obviamente, que este efeito é comum a todos os tratamentos. A incorporação da análise do esterco bovino é apenas para explicar porque os resultados das análises químicas no final do experimento tiveram valores superiores, como a matéria orgânica, o teor de cálcio e o teor de fósforo.

A eficiência do estrume (esterco) pode ser diferente das dos adubos comerciais solúveis, por exemplo, quando este é aplicado como adubo fosfatado (Cassol et al., 2001). Ainda tem-se que tal eficiência pode variar de acordo com sua origem e com as proporções das diferentes frações químicas dos vários nutrientes contidos.

A incorporação do esterco ao solo favorece o melhoramento da estrutura e aumenta a capacidade de retenção de água no solo, o que pode estimular o desenvolvimento radicular das plantas. Entretanto, este ao ser utilizado com adubos inorgânicos pode proporcionar alterações não esperadas, como a acidificação dos solos.

Pavan & Oliveira (1997) faz referência que existem inúmeras referências (incluindo-se livros textos) informando que a matéria orgânica causa acidificação do solo. Mas essa regra não foi encontrada nas condições do estado do Paraná. Para estes, o uso do esterco (materiais orgânicos) é identificada com biologicamente efetiva, para o manejo sustentável dos solos ácidos, pois aumenta o pH, reduz o alumínio tóxico, além de conservar a umidade do solo, aumenta a estabilidade dos agregados, diminuem as perdas por erosão e lixiviação, aumentam P-lábil e talvez o mais importante, aumenta o teor de matéria orgânica do solo. Todavia, esses autores fazem a ressalva que o manejo de matéria orgânica não substituem a calagem, apenas reduz sua necessidade.

C – ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

De acordo com Holanda & Amorim (1997), as águas para irrigação são divididas em classes de salinidade no total de quatro. As classes são: baixa, média, alta e muito alta, dadas numa escala de aumento das concentrações de sais e, conseqüentemente de sua condutividade elétrica.

A água usada nos experimentos é classificada como de média salinidade, de acordo com os limites apresentados por Richards (1954), que pode ser usada sempre, desde que haja uma lixiviação moderada de sais, se adequando ao cultivo de plantas moderadamente tolerantes aos sais, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade. Entretanto, a água de irrigação pode causar a toxidez das plantas e deficiência de nutrientes, motivo pelo qual o pH ideal deve estar na faixa de 6,5 a 8,4 (Ayres & Wescot, 1991), com flutuações que podem ser toleradas.

Os valores de cálcio, magnésio e potássio em águas de irrigação apresentam ampla variação (Ayres & Wescot, 1991). Para o cloreto, Molle & Cadier (1992) reportam que concentrações tóxicas estão entre 142 e 355mg/l e, concentrações acima deste limite representam perigo para as plantas. O sódio, destacado por Laraque (1991), se torna perigoso em concentrações entre 69 e 207mg/l, e acima destes valores podem causar problemas devido ao efeito de queimaduras e necroses ao longo das bordas das folhas das plantas.

4.2 - VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO

EXPERIMENTO I

Na caracterização das variáveis relacionadas ao desenvolvimento e crescimento vegetal, de acordo com os dados obtidos na análise de variância (Tabela 2-1E, Anexos), verificam-se respostas significativas dos fatores isolados e da interação doses de cálcio e doses de fósforo para as variáveis, número de flores (NF), número de ginóforos (NG), número de nódulos (NN), fitomassa parte aérea (FITAR), fitomassa raiz (FITRZ), fitomassa vegetativa (FITAR+RZ), fitomassa total (FITTOTAL), comprimento de vagens (CV) e largura de vagens (LV); exceção para o número de nódulos e a fitomassa raiz em que não apresentaram respostas significativas com relação às doses de fósforo.

Para a análise das variáveis de desenvolvimento e crescimento, como já comentado anteriormente, uma vez detectada interação significativa, ajustou-se uma superfície de resposta com as duas variáveis independentes: doses de cálcio e doses de fósforo, dando preferência ao polinômio de segundo grau. Caso a superfície polinomial de segundo grau não se ajustasse, buscou-se uma superfície representativa do fenômeno de acordo com a análise de variância da regressão com 1% de probabilidade pelo teste F e cujos coeficientes representativos da superfície sejam também significativos a 1% de probabilidade pelo teste t (teste da representatividade de cada coeficiente). Mesmo conseguindo uma superfície com esses pré-requisitos, para o uso deste método na análise das variáveis, o coeficiente de determinação deve ter sido superior a 0,50 (50%). Caso contrário, utilizou o método de busca de curvas de respostas. Os coeficientes da superfície de resposta, caso eles existam, e o respectivo coeficiente de regressão, estão apresentados na Tabela 8-1E (Anexos).

A - NÚMERO DE FLORES

Na análise de variância, para o número de flores, obteve-se significância para interação das doses de cálcio e doses de fósforo e para doses isoladas desses dois nutrientes. Da análise de regressão, considerando os nutrientes cálcio e fósforo, simultaneamente, ajustou-se uma superfície de resposta, cujos coeficientes determinados estão apresentados na Tabela 8-1E (Anexos). Apesar da significância de 1% de

probabilidade da análise de variância da regressão e também dos coeficientes da regressão serem significativos a 1% de probabilidade pelo teste t, o coeficiente de regressão obtido ($R^2 = 37,84^{**}$) não foi superior a 0,50. Então, deu-se preferência ao método de busca de curvas de respostas de doses de cálcio para cada dose de fósforo e, vice-versa, selecionados dos resultados ótimos de cada caso, os valores de nutrientes que devem passar a ser recomendados, ou mesmo explicar o relacionamento entre tais variáveis, dependente e independente.

Considerando o método de busca de curva, têm-se as curvas apresentadas nas Figuras 4.2-1A e 4.2-1B, que representam o número de flores em função, escolhidas das doses de fósforo para cada dose de cálcio e das doses de cálcio para cada dose de fósforo, respectivamente; juntamente com as equações e os coeficientes da regressão. As escolhas dos efeitos representativos das doses correspondentes estão de acordo com a análise de variância. Na influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio (Figura 4.2-1A), a curva de resposta que apresenta maiores valores com relação às demais é a de Ca: 600kg/ha, cujo valor máximo atingido para o número de flores é 67 correspondendo à dose de 75,9kg/ha de fósforo. Já na influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo a curva que apresenta os maiores valores é a P: 50kg/ha correspondendo a um máximo na dose de cálcio de 360,0kg/ha que produz um número de 64 flores.

Dentre as doses ótimas apresentadas para cada conjunto de curvas, as doses recomendadas são 600,0kg/ha e 75,9kg/ha para o cálcio e o fósforo, respectivamente, o que produz um número de flores de 67.

Os valores das doses recomendadas, no parágrafo anterior, devem-se ao fato das curvas da Figura 4.2-1B e da curva Ca: 900kg/ha (Figura 4.2-1) apresentarem um comportamento de estado nutricional indeterminado e as curvas Ca: 300kg/ha e Ca: 1200kg/ha (Figura 4.2-1) apresentam um estado nutricional tóxico. Já as curvas da Figura 4.2-1A, P: 100kg/ha e P: 150kg/ha, produzem o mesmo número de flores. Assim, usando uma média das curvas, a curva P: 100kg/ha e a dose de cálcio próxima de 600kg/ha produzem valores semelhantes aos da Figura 4.2-1-1. Então, o motivo dos valores recomendados para as doses de cálcio e fósforo são de produzirem os mesmos efeitos em cada conjunto de curvas para a variável analisada.

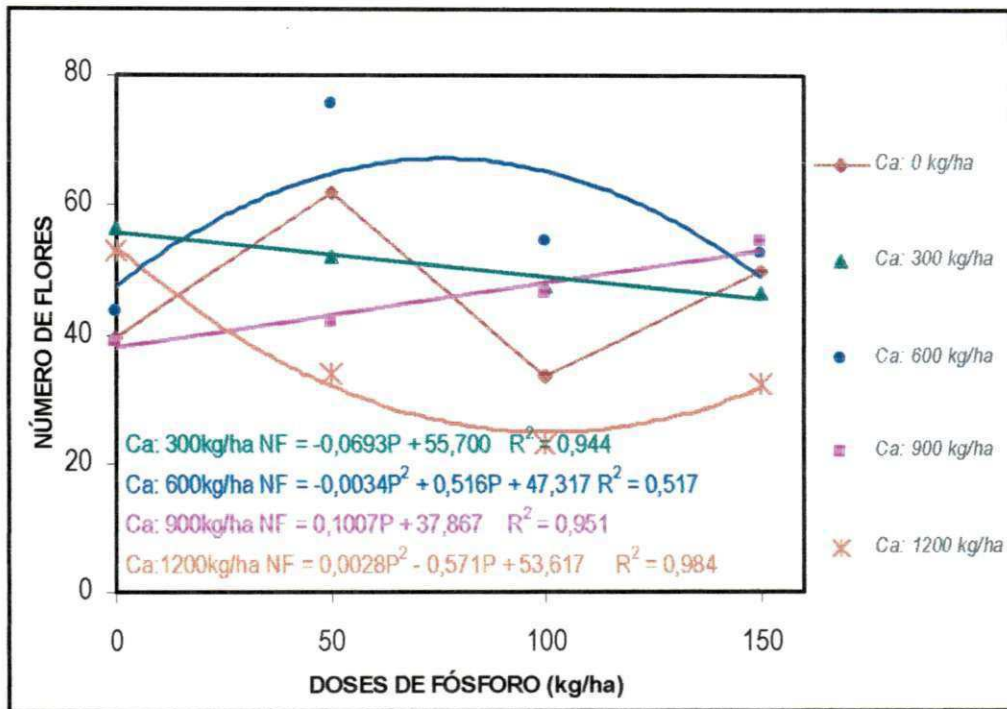


Fig. 4.2-1A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de flores por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

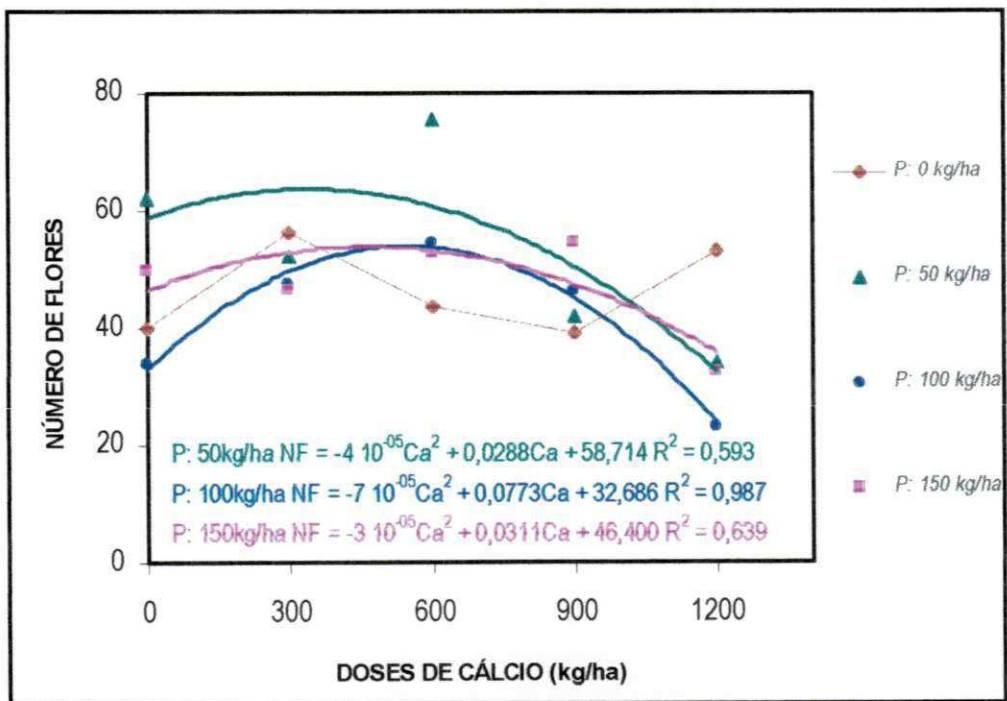


Fig. 4.2-1B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de flores por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

B – NÚMERO DE GINÓFOROS

A análise do número de ginóforos em relação à superfície de resposta, não foi possível, pois não se conseguiu nenhum ajuste significativo com as variáveis independentes simultaneamente. Assim, optou-se pelo método de busca de curvas de respostas. As Figuras 4.2-2A e 4.2-2B apresentam as curvas correspondentes ao número de ginóforos em função das doses de fósforo para dose de cálcio e das doses de cálcio para cada dose de fósforo, respectivamente.

Na influência das doses de fósforo dentro das de cálcio, a curva de resposta que apresenta os maiores valores com relação às demais é a Ca: 600kg/ha, cujo valor máximo atingido é de 77,9kg/ha para a dose de fósforo correspondendo a um número de ginóforos de 59; e, na análise da influência das doses de cálcio dentro das doses de fósforo tem-se que a curva P: 100kg/ha cujo valor máximo é de 257,5kg/ha para a dose de cálcio e um número de ginóforos de 45. As doses de cálcio e fósforo que produzem um maior número de ginóforos são 600kg/ha e 77,9kg/ha, respectivamente, que são as doses recomendadas.

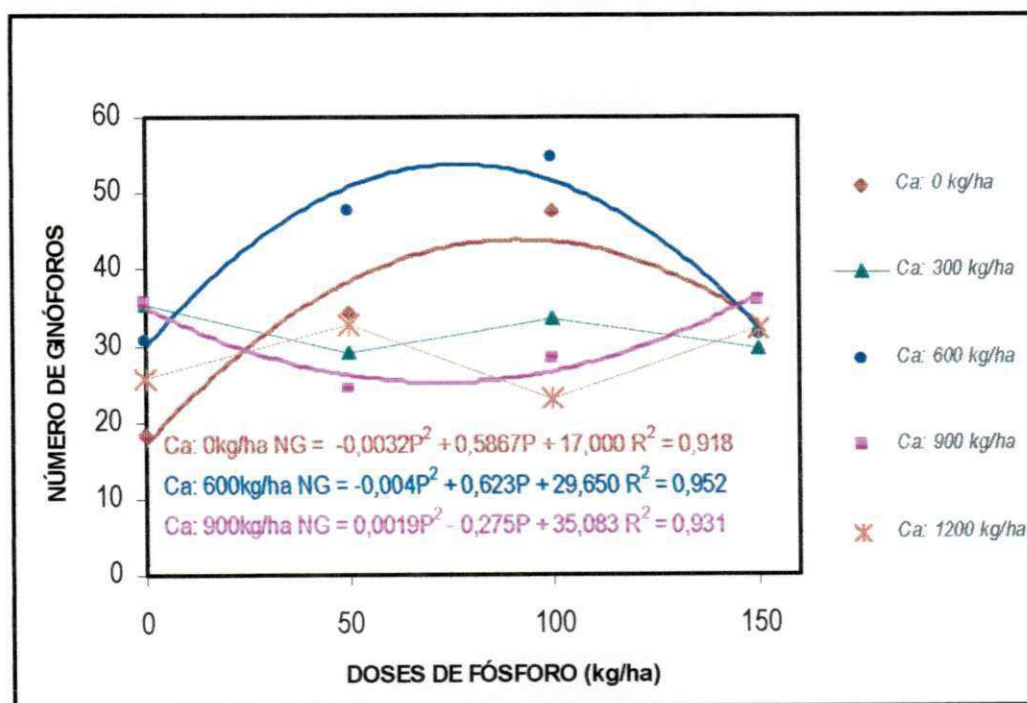


Fig. 4.2-2A – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de ginóforos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

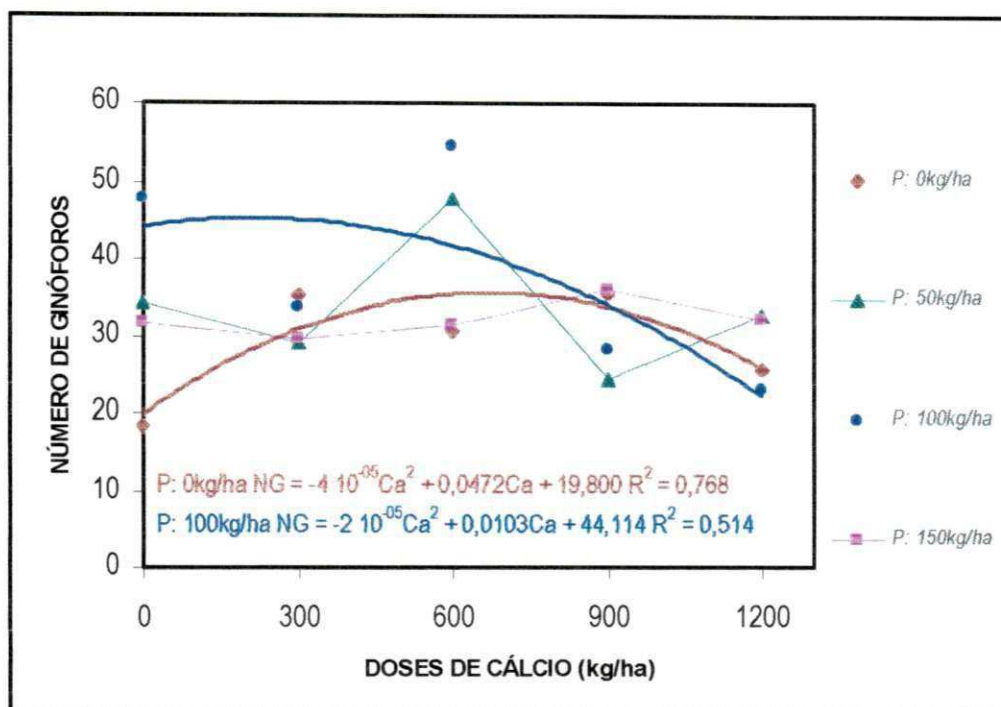


Fig. 4.2-2B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de ginóforos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

C - NÚMERO DE NÓDULOS

Embora que na análise de regressão em relação à superfície de resposta, tenha se conseguido o ajuste com significância de 1%, para os testes F e T, o coeficiente de regressão ($R^2 = 39,60\%$), não foi superior a 0,5. Optou-se pelo método de busca de curvas, que estão representadas nas Figuras 4.2-3A e 4.2-3B. Na influência das doses de fósforo dentro das doses de cálcio (Figura 4.2-3A), a dose de cálcio de 300kg/ha prevalece até o nível em que a dose de fósforo é aproximadamente 20 kg/ha, onde se tem a dose de 900kg/ha até o valor em que a dose de fósforo é aproximadamente 120kg/ha, voltando a prevalecer à dose de 300kg/ha. Como o intervalo das doses de fósforo é maior (20 – 120 kg/ha) para a curva de Ca: 900kg/ha que apresenta um máximo relativo, correspondente à dose de 61,8kg/ha de fósforo, cujo valor é 767 nódulos por planta. Na análise das doses de cálcio dentro das de fósforo (Figura 4.2-3B), prevalece à curva P: 150kg/ha, até o valor em que a dose de cálcio é aproximadamente 300 kg/ha, onde então prevalece a dose de 0kg/ha de fósforo até 900kg/ha, acima deste valor tem-se a dose de 100kg/ha de fósforo. Semelhante a análise feita no conjunto de curvas da Figura 4.2-3A, o intervalo em que a

curva P: 0kg/ha prevalece é maior, em que a dose de cálcio que correspondente ao máximo número de nódulos de 739 é 489,4kg/ha.

Entre a seleção das doses ótimas apresentadas na análise de cada influência, as doses recomendadas de cálcio e fósforo são, respectivamente, 586,6kg/ha e 0kg/ha, correspondendo a um número de nódulos de 716.

Parece até contraditório enfatizar doses ótimas de fósforo nas análises anteriores para o número de nódulos, já que da análise de variância, as doses de fósforo não têm efeitos significativos. Além do mais, na análise da influência das doses de fósforo dentro das doses cálcio, o número máximo de nódulos é 767, correspondente a dose de 900kg/ha de cálcio e 61,8kg/ha de fósforo. Devido não haver influência significativa do fósforo, optou-se pela dose de 0kg/ha.

Pode-se, ainda, observar através das curvas o efeito não significativo do fósforo, que na Figura 4.2-3A as curvas de cálcio tendem para um máximo número de nódulos de 800 independentes das doses de fósforo e na Figura 4.2-3B as curvas correspondentes às doses de fósforo tendem a sobrepor, particularmente, as P: 0kg/ha e P: 100kg/ha e também apresentam valores máximos, próximo do número de nódulos de 800. Além disso, pode-se argumentar que a interação significativa das doses de cálcio e doses de fósforo, diz respeito que existem doses de fósforo que ao interagir com as doses cálcio podem produzir o chamado estado nutricional tóxico, especialmente, as doses de 77,7 e 66,5 kg/ha de fósforo (Figura 4.2-3A) e a dose de 150kg/ha de fósforo (Figura 4.2-3B).

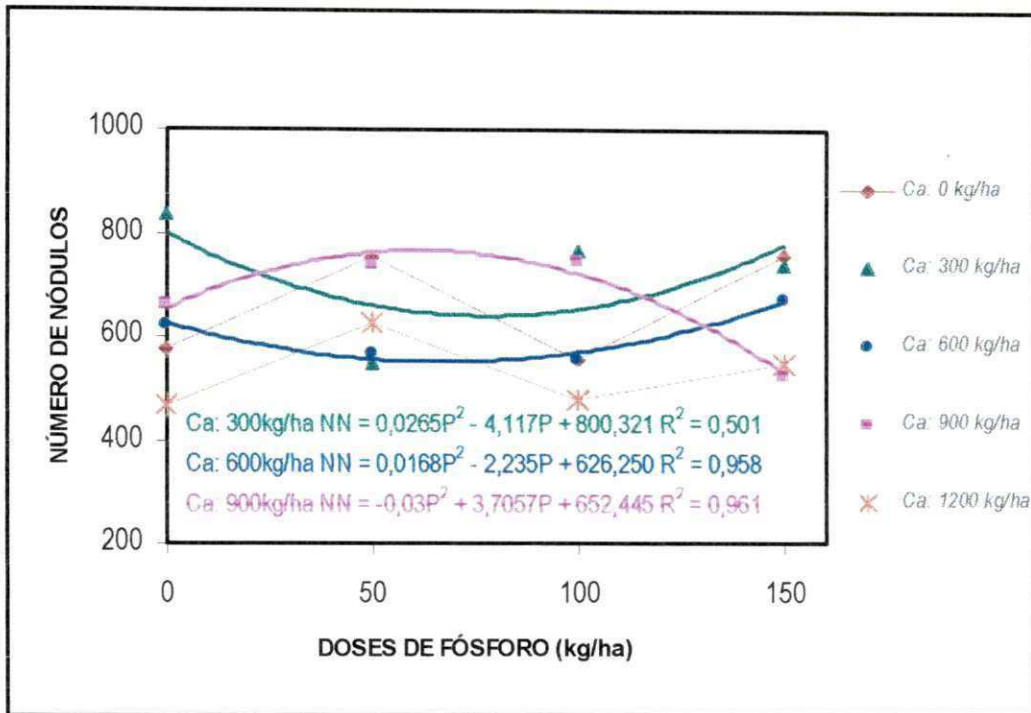


Fig. 4.2-3A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de nódulos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

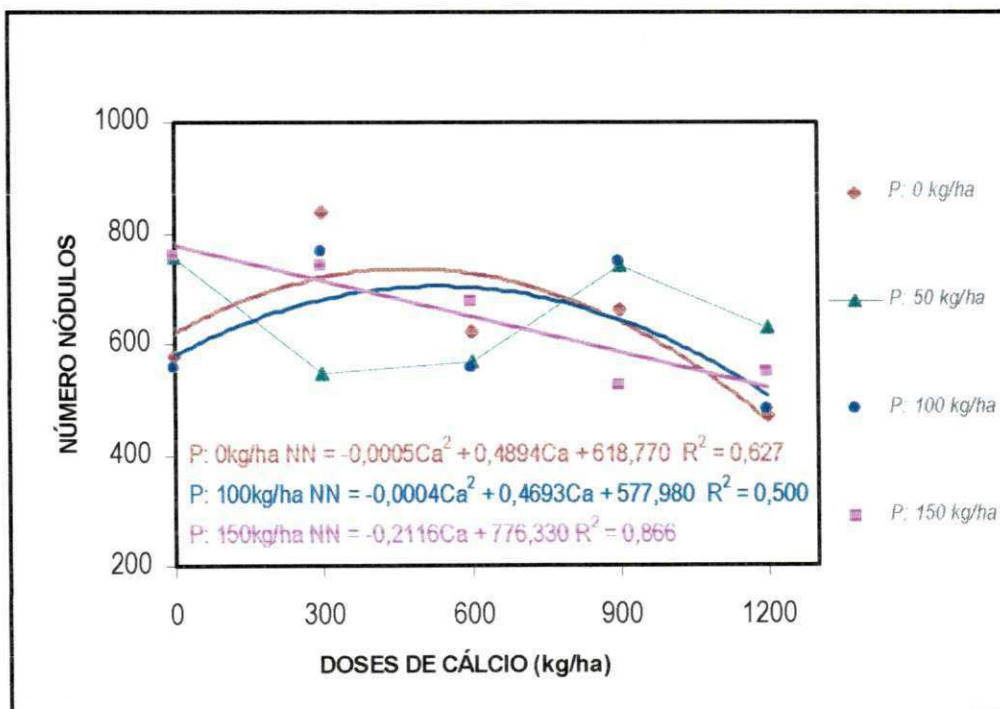


Fig. 4.2-3B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de nódulos por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

D - FITOMASSA PARTE AÉREA

Na análise de variância para a fitomassa parte aérea, houve significância a 1% de probabilidade para as doses de cálcio, de fósforo e para interação das doses de cálcio e fósforo. Entretanto, não foi possível a obtenção de uma superfície de resposta para a sua representação, assim utilizou o método de busca de curvas de respostas.

A análise da influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio (Figura 4.2-4A), tem-se que a curva que apresenta valores superiores para a maioria das doses de fósforo é a de Ca: 600kg/ha. Para esta curva o ponto de máximo valor da fitomassa aérea é de 12,4g correspondente a dose de 88,8kg/ha de fósforo. Já a análise das doses de cálcio para cada de fósforo (Figura 4.2-4B), permite identificar que as curvas correspondentes às doses de 50, 100 e 150kg/ha de fósforo quase se sobrepõem. Embora, prevalece a dose de 50kg/ha de fósforo, onde o valor máximo da fitomassa aérea é de 12,0g correspondente a dose de 550kg/ha de cálcio. Nesta última análise é difícil determinar uma dose ótima, pois as curvas parecem não dependerem das doses de fósforo. Em virtude dos argumentos colocados, as doses ótimas para a máxima produção da fitomassa aérea são de 600,0kg/ha de cálcio e 88,8kg/ha de fósforo que correspondem a 12,4g.

O que se pode colocar a respeito do comportamento da fitomassa aérea com relação aos nutrientes minerais cálcio e fósforo adicionados ao solo é que até a dose de 600kg/ha o estado nutricional da planta é adequado e o efeito das doses de cálcio pode variar amplamente dentro dessa faixa, sem um efeito perceptível sobre a produção da fitomassa aérea. Com relação as doses de fósforo essa faixa é 0 à 100kg/ha ou mais precisamente de 0 à 88,0kg/ha. Então, acima das doses de 600kg/ha (Figura 4.2-4B) tem-se uma nutrição de luxo, pois nestas circunstâncias, logo após as necessidades da planta serem atendidas, um abastecimento exuberante não representa uma vantagem adicional. E para a dose de fósforo acima de 88,80kg/ha tem-se, no geral, uma diminuição da produção da fitomassa aérea. Acima desses valores apresentados, as curvas Ca: 0, 300 e 900 kg/ha apresentam valores inferiores (Figura 4.2-4A) e as doses acima de 100kg/ha, ou seja, as curvas P: 100 e 150kg/ha (Figura 4.2-4B) também apresentam-se inferiores.

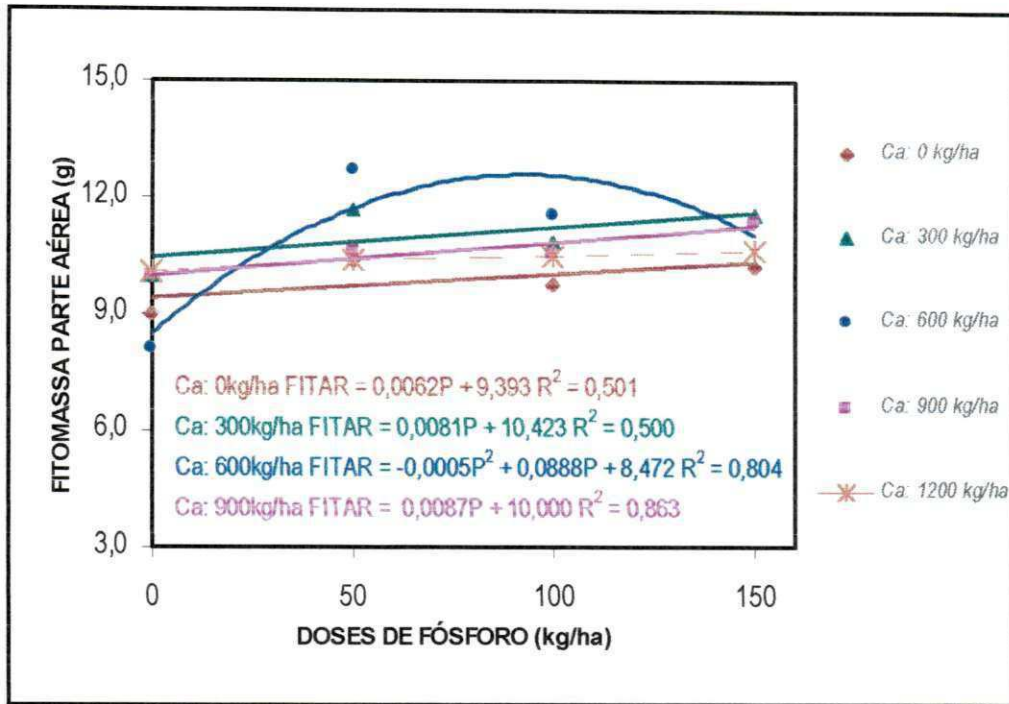


Fig. 4.2-4A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa parte aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

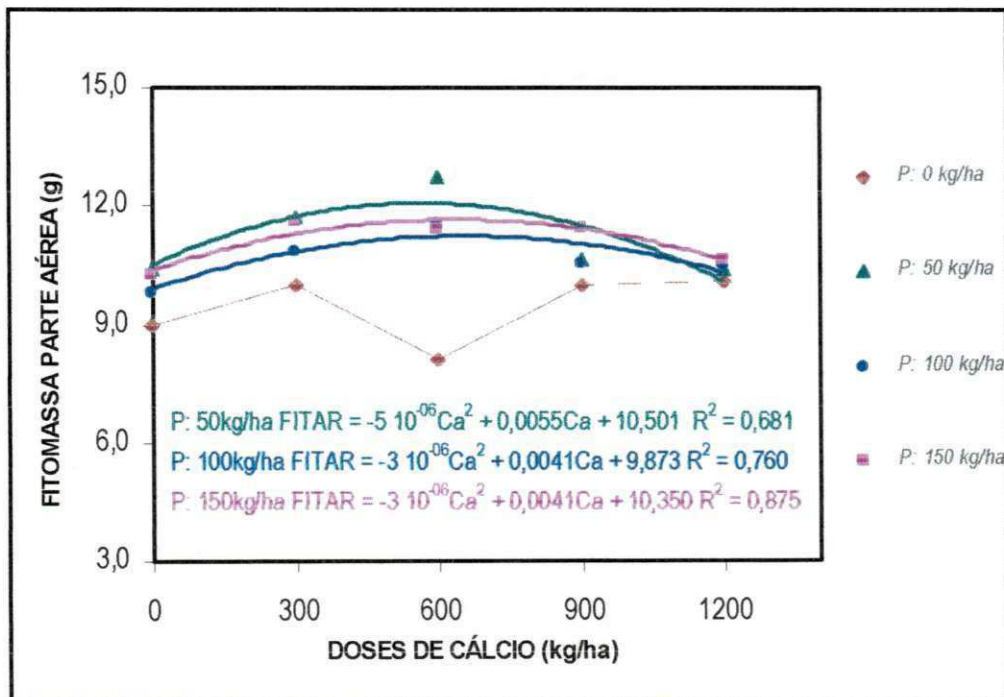


Fig. 4.2-4B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa parte aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

E - FITOMASSA RAIZ

A fitomassa raiz, na análise de variância, obteve significância a 1% de probabilidade pelo teste F para as doses de cálcio e para interação doses de cálcio e doses de fósforo e doses de cálcio. Uma superfície de resposta foi ajustada para representar o comportamento da fitomassa da raiz, em que seus coeficientes foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste T. A superfície de resposta obtida é apresentada na Figura 4.2-5, e sua função é representada por:

$$\text{FITRZ} = 6,510 \cdot 10^{-1} - 1,356 \cdot 10^{-4} \text{ Ca} + 4,047 \cdot 10^{-3} \text{ P} + 1,400 \cdot 10^{-5} \text{ P}^2 + 2,289 \cdot 10^{-6} \text{ Ca P} \quad (R^2 = 0,62^{**}) \quad [4.1]$$

Onde as doses de cálcio (Ca) e fósforo (P) são dadas em kg/ha e a fitomassa raiz (FITRZ) é dada em g.

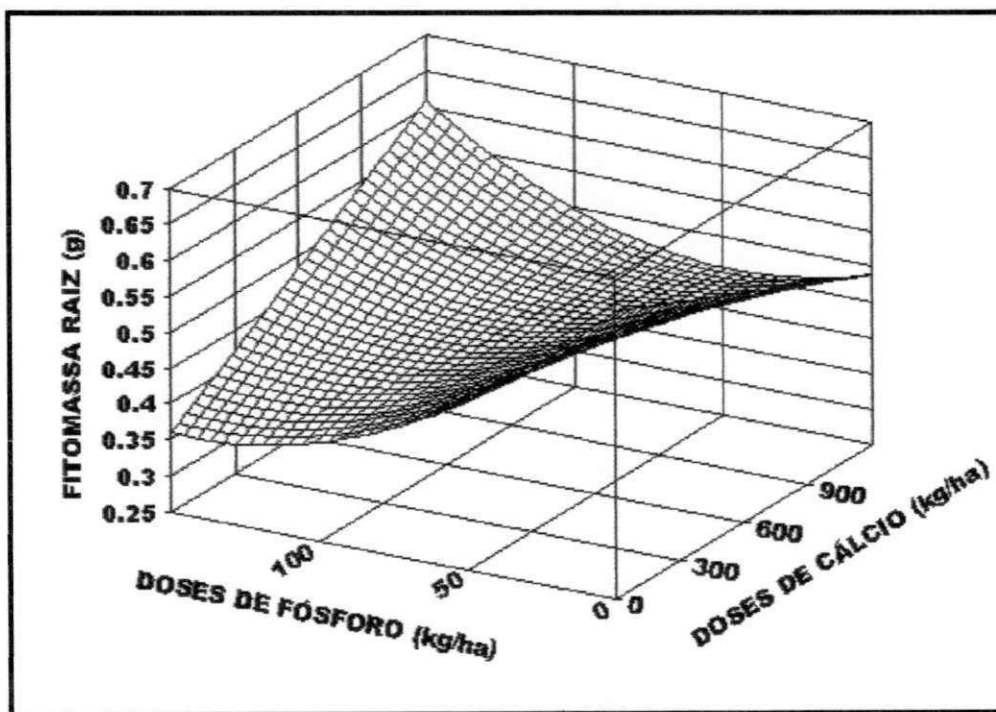


Fig. 4.2-5 –Fitomassa raiz em função das doses de cálcio e doses de fósforo. Superfície de resposta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Constata-se através da superfície de resposta, que as doses de fósforo causam um efeito negativo, ou como denomina Larcher (2000), um efeito tóxico. Então, uma concentração suplementar de fósforo promove uma diminuição da fitomassa raiz. Este efeito negativo é também verificado quando se faz o estudo das influências das curvas das doses de cálcio dentro das doses de fósforo e vice-versa (método de busca de curvas). Na

influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio, tem-se que as curvas não apresentam diferenças marcantes para os pontos onde a fitomassa raiz apresentam valores máximos. No estudo da influência das doses de cálcio, para cada curva de dose de fósforo tem-se que as curvas correspondentes as doses de fósforo de 0 e 100kg/ha (únicas a se ajustarem aos modelos de regressão, no caso o quadrático) se sobrepõem e além do mais não apresentam pontos críticos com máximo indicando que as doses de fósforo apresentam o estado nutricional tóxico. Tal fato pode ser constatado quando se faz $Ca = \text{constante}$ na função de superfície de resposta.

Dentro do intervalo considerado, para cada variável independentemente, a solução desta função permite estimar o máximo absoluto, na ausência da aplicação de doses de cálcio e fósforo (0kg/ha de cálcio e 0kg/ha de fósforo), produzindo uma fitomassa raiz de 0,7g.

De uma forma geral, verifica-se que tanto o aumento das doses de cálcio como de fósforo promove uma diminuição dos valores de fitomassa raiz, sendo que a diminuição com relação ao cálcio dá-se até cerca de 100kg/ha de fósforo, em que a partir desse valor o efeito do cálcio é de aumento na fitomassa, embora que não tenha relevância para a produção final. Já o efeito do fósforo, provoca um estado nutricional tóxico independente das doses de cálcio, especialmente até a dose de 600kg/ha de cálcio em que o efeito é mais pronunciado.

F - FITOMASSA VEGETATIVA

A fitomassa vegetativa (parte aérea e raiz) apresenta um comportamento em termos de curvas semelhante a fitomassa parte aérea. A única exceção existente está no comportamento da influência da fitomassa vegetativa em função das doses de fósforo para cada dose de cálcio, em que a curva $Ca: 0\text{kg/ha}$ não tem efeito representativo.

Os conjuntos de curvas representativos de cada influência estão nas Figuras 4.2-6A e 4.2-6B. Para o caso das doses de fósforo em cada dose de cálcio, a curva de $Ca: 600\text{kg/ha}$, com a dose $90,40\text{kg/ha}$ de fósforo corresponde a uma fitomassa vegetativa máxima de 12,9g; e, para o caso das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo, a curva $P: 50\text{kg/ha}$ corresponde a 540kg/ha de cálcio produz uma fitomassa vegetativa de

12,5g. Assim, as doses recomendadas de cálcio e fósforo, respectivamente são 600kg/ha e 90,4kg/ha produzindo uma fitomassa vegetativa de 12,9g.

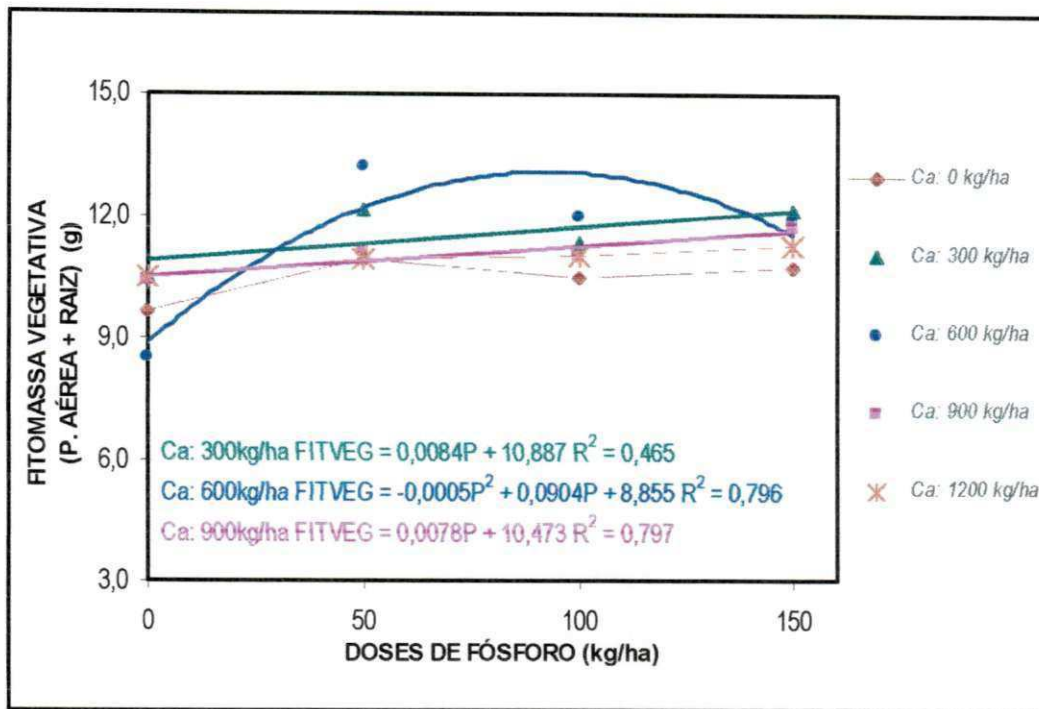


Fig. 4.2-6A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa vegetativa por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

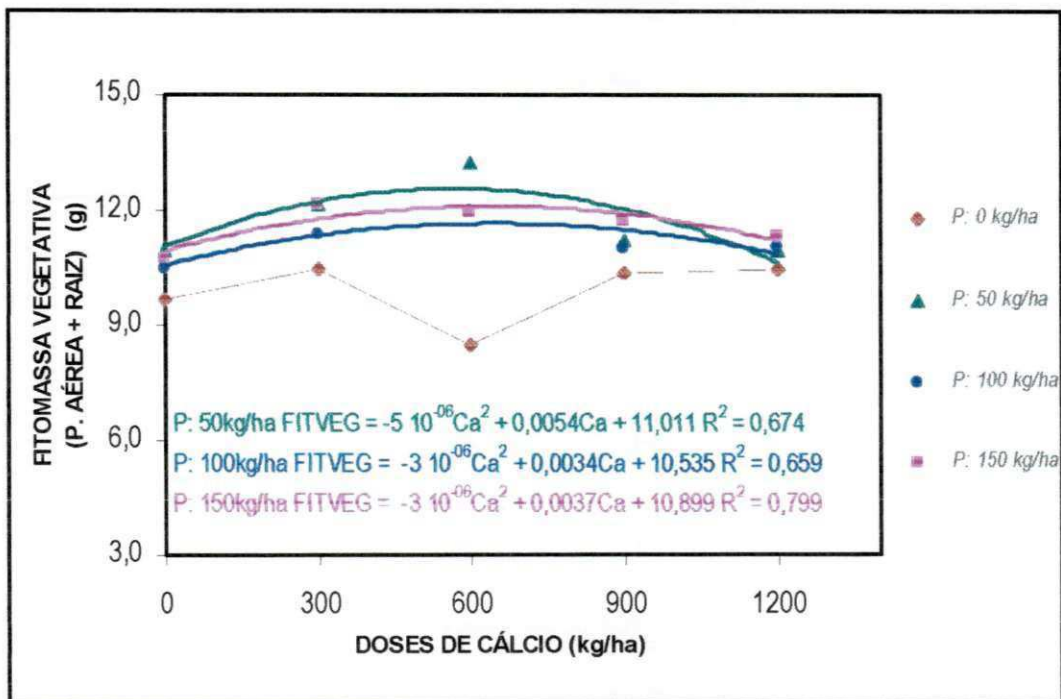


Fig. 4.2-6B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa vegetativa por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

G - FITOMASSA TOTAL

A fitomassa total, que constitui o peso da parte aérea, raiz e vagens, apresentou-se significância de 1% de probabilidade com relação às doses isoladas de cálcio e fósforo e da interação doses de cálcio e doses de fósforo. Apesar da significância apresentada para esta variável, não foi possível a obtenção de uma superfície de resposta que fosse significativa. Então, o método adotado foi o de busca de curvas representativas das doses de cálcio em função das doses de fósforo e das doses de fósforo em função das doses de cálcio.

As Figuras 4.2-7A e 4.2-7B apresentam o comportamento da fitomassa total em função das doses de fósforo para cada dose de cálcio e das doses de cálcio para dose de fósforo, respectivamente. Na análise da Figura 4.2-7A, os maiores valores apresentados pela fitomassa total correspondem à curva Ca: 300kg/ha que resulta em uma dose de fósforo de 71,2kg/ha e uma fitomassa de 31,2g. Já na análise da Figura 4.2-7B, tem-se que a curva que conduz aos maiores valores de fitomassa total é P: 100kg/ha, quase que independente dos valores das doses de cálcio. Essa característica de uma reta quase constante poderia ser classificado num estado nutricional de luxo, ou quase de luxo por ser uma reta quase horizontal com relação às doses de cálcio. Todavia, na representação da curva P: 0kg/ha tem-se uma nutrição denominada tóxica. O que se pode argumentar com essa análise é a dose de cálcio não poderá ser nula e a de fósforo deve ter valores próximos à 100kg/ha.

Então, as doses de cálcio e fósforo recomendadas serão de 300,0kg/ha e 71,2kg/ha, respectivamente, correspondendo a uma fitomassa total de 31,2g.

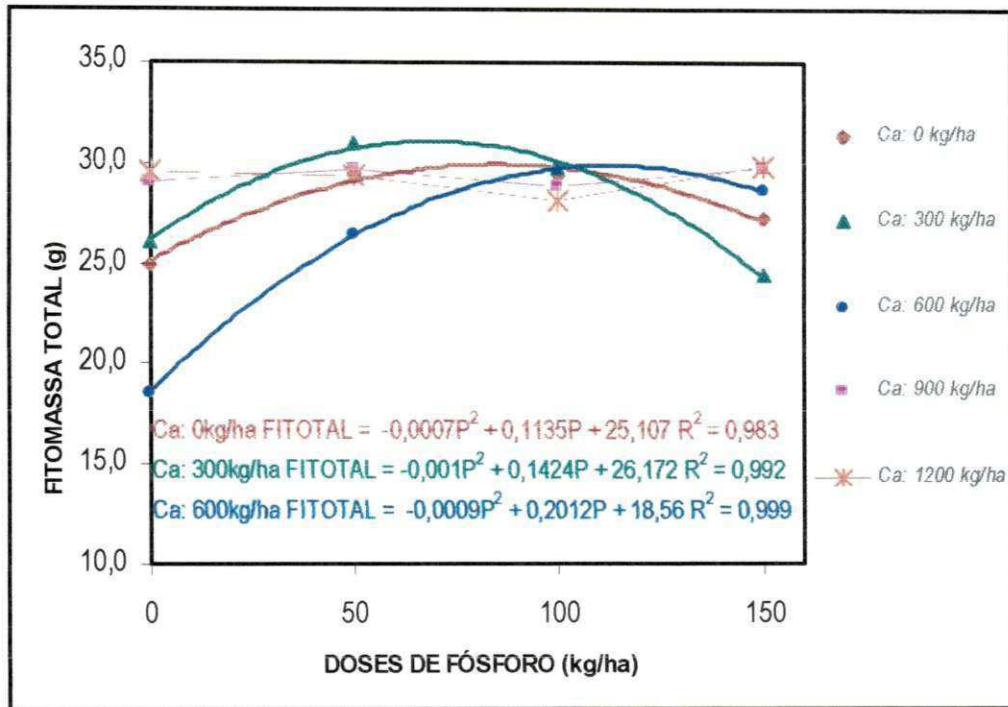


Fig. 4.2-7A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

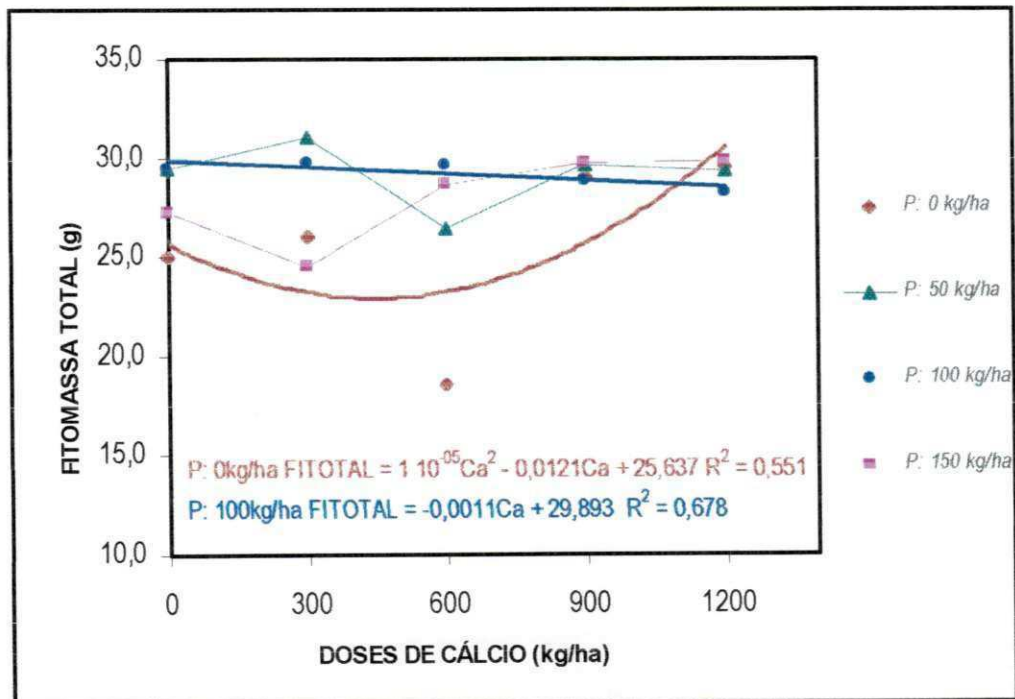


Fig. 4.2-7B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

H – COMPRIMENTO DE VAGENS

Para o comprimento de vagens (CV), ajustou-se uma superfície de resposta cuja análise de regressão foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F, com os coeficientes tendo o mesmo nível de significância pelo teste T e o coeficiente de regressão acima de 0,50. A superfície de resposta obtida está apresentada na Figura 4.2-8 cuja função é representada por:

$$CV = 33,570 + 5,558 \cdot 10^{-6} Ca^2 + 2,944 \cdot 10^{-1} P - 1,746 \cdot 10^{-3} P^2 - 3,203 \cdot 10^{-4} Ca P + 1,892 \cdot 10^{-6} Ca P^2$$

$$(R^2 = 0,65^{**}) \quad [4.2]$$

Onde as doses de cálcio (Ca) e fósforo (P) são dadas em kg/ha e comprimento de vagens (CV) é dado em mm.

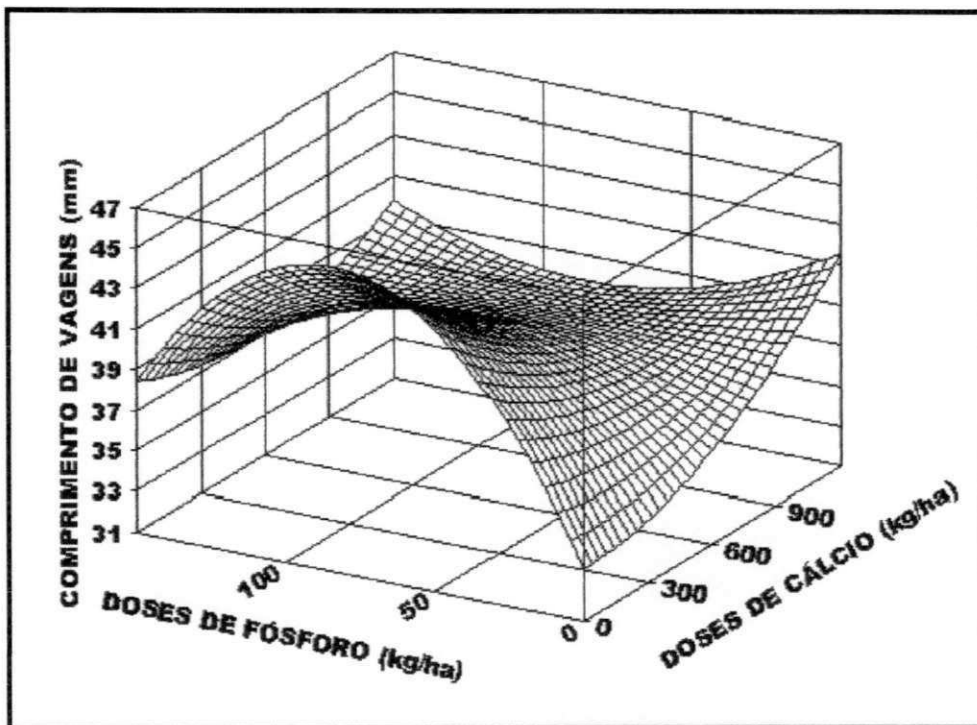


Fig. 4.2-8 – Comprimento de vagens em função das doses de cálcio e doses de fósforo. Superfície de resposta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

O que se pode constatar da superfície de resposta é que o efeito de cálcio é crescente, desde que as doses de fósforo sejam inferiores a 50kg/ha. Embora o efeito do cálcio seja crescente, pode estar ocorrendo uma interação com o fósforo de forma que a planta em seu metabolismo promove aumento no comprimento de vagens, mas não o suficiente considerando outras faixas dentro da superfície de resposta. Valores acima de

50kg/ha para as doses de fósforo, o efeito do cálcio passa a não ser positivo, ou o que se poderia classificar como indeterminado.

Visualmente, a região conveniente está localizada de 0 a 100kg/ha com relação ao fósforo e de 0 a 300kg/ha com a dose de cálcio. O valor máximo absoluto atingido por essa função para o comprimento de vagens, nos intervalos de níveis de nutrientes usado é 46,0mm, correspondendo às doses de 0kg/ha de cálcio e 84,3kg/ha de fósforo.

I – LARGURA DE VAGENS

Da mesma maneira que se ajustou uma superfície de resposta para o comprimento de vagem, ajustou-se uma para a largura de vagens. A superfície obtida tem a representação dada na Figura 4.2-9, cuja função é representada por:

$$LV = 12,070 + 6,826 \cdot 10^{-3} Ca - 5,227 \cdot 10^{-6} Ca^2 + 1,319 \cdot 10^{-2} P - 5,936 \cdot 10^{-5} Ca P + 4,915 \cdot 10^{-8} Ca^2 P$$

($R^2 = 0,59^{**}$). [4.3]

Onde as doses de cálcio (Ca) e fósforo (P) são dadas em kg/ha e a largura de vagens (LV) é dada em mm.

Dentro do intervalo, a solução desta função permite estimar pontos críticos (máximo absoluto) em que as doses de cálcio e fósforo correspondem a 1200kg/ha e 150kg/ha, respectivamente. Entretanto, a representação gráfica permite identificar que o aumento das doses de fósforo gera um aumento da largura de vagens, exceto para pontos em que as doses de cálcio são próximas de 600kg/ha. Também, pode-se observar que existem regiões onde o efeito do cálcio é tóxico, por exemplo, nos pontos próximos a dose de fósforo de 150kg/ha e na faixa em que a dose de cálcio é menor que 600kg/ha. Diante do exposto, a faixa para a determinação da dose recomendada deve ser aquela que a dose de fósforo não seja superior a 50kg/ha. A dose recomendada de fósforo é, então, 50kg/ha e a de cálcio deve ser 535,8kg/ha, o que favorece uma largura de vagens de 14,0mm. Para enfatizar a veracidade da análise da superfície de resposta, tem-se que no método de busca de curvas de respostas a dose de fósforo seria a mesma e a de cálcio de 616,7kg/ha como 14,2mm para a largura de vagens; ou seja, valores que, em termos práticos, podem ser considerados semelhantes.

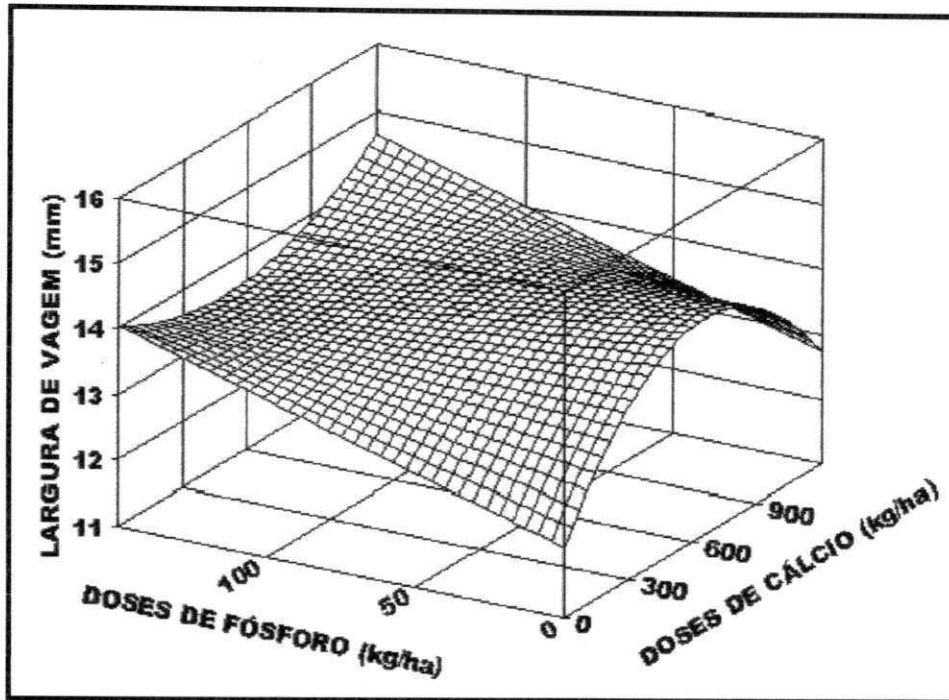


Fig. 4.2-9 – Largura de vagens em função das doses de cálcio e doses de fósforo. Superfície de resposta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

J - DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO

Na Tabela 4.1 apresenta as doses de cálcio e fósforo recomendadas (Experimento I), ou seja, as doses de máxima produtividade para cada variável analisada; para efeito comparativo apresentam-se os valores de produtividade dos tratamentos em que houve ausência da aplicação dos nutrientes e também apresentam os valores de produtividade em que as aplicações dos nutrientes foram às máximas. Nota-se que na maioria das variáveis analisadas a dose de cálcio a ser recomendada é de 600kg/ha ou apresenta valores próximos, com exceção da fitomassa da raiz (FITRZ) e do comprimento de vagens (CV) em que a dose de cálcio foi nula e, a fitomassa total (FITTOTAL) em que a dose de cálcio foi de 300kg/ha. Para a dose de fósforo recomenda houve variações, mas o intervalo está situado entre 50 e 100kg/ha, com exceção apenas do número de nódulos (NN) e da fitomassa raiz, que segundo a análise de variância, não apresentaram efeito significativo para o fósforo.

De uma forma geral, a dose de cálcio recomendada deve ser 600kg/ha, e a razão para isso, provavelmente, se deve o excesso de cálcio no solo com estrutura arenosa que pode levar a condições excessivamente básicas e sérios problemas, como deficiência de ferro, de manganês, de zinco e de outros micronutrientes (MIFS, 1998). Doses acima de 600kg/ha para o material do solo em questão além de neutralizar o alumínio trocável (ou eliminar sua toxidez) pode estar reduzindo, drasticamente a produtividade, causando a deterioração da estrutura, reduzindo a disponibilidade de fósforo e induzindo a deficiências de zinco, boro e manganês causando a diminuição da produção. Além disso, o desequilíbrio entre cálcio e magnésio, acentua o sintoma de deficiência de magnésio que, juntamente com o nitrogênio, são os únicos constituintes da clorofila; e mesmo apresentando baixos teores ajuda no metabolismo do fósforo, na respiração da planta e na ativação de vários sistemas enzimáticos.

Com relação às exceções, tem-se que ao contrário do que se espera, o efeito do cálcio não foi positivo para a fitomassa da raiz, entretanto, quando avalia o número de nódulos, verifica efeito significativo. É como se no metabolismo da planta com um alto peso radicular tivessem o menor número de nódulos. Todavia, o cálcio foi influente para o número de nódulos, ou seja, melhorar as condições para o desenvolvimento das raízes, estimulando a atividade das bactérias fixadoras de nitrogênio. Daí pode-se, afirmar que a dose 0kg/ha de cálcio para produção da fitomassa raiz parece contraditório para a fertilidade da planta, pois, é exigido em grandes quantidades pelas bactérias fixadoras de nitrogênio. Assim, falar em fertilidade das leguminosas é relativo falar no número de nódulos, ou ainda, no número de nódulos por fitomassa da raiz.

Sabe-se que apesar do pequeno porte da planta, o sistema radicular é bem desenvolvido, podendo atingir profundidades consideráveis, superiores a 100cm (Gregory et al., 1951; Gillier & Silvestre, 1970) e 130cm (Infarzato & Tella, 1960). Mesmo com essa grande profundidade, a maior concentração cerca de 60% em massa, encontra-se nos primeiros 30cm do solo (Infarzato & Tella, 1960). A ênfase a esse fato é para eliminar as possibilidades de argumentos com relação ao crescimento radicular em vasos. Como a maior concentração, quanto à massa, encontra-se próximas à superfície do solo, então, o que pode evidenciar quanto a fitomassa da raiz é o cálcio. Mas, esperava-se que este tivesse uma influência positiva, pois sua deficiência tem sido apontada como uma das consideráveis restrições do sistema radicular (Ritchey et al., 1983) juntamente com a toxicidade do alumínio (Pavan et al., 1984). Entretanto, existem trabalhos que enfatizam

que o cálcio não se movimenta para as camadas mais profundas (Messick et al., 1984); essa movimentação pode ocorrer dependendo da dose aplicada (Quaggio et al., 1985; Souza & Ritchey, 1986) e da adubação efetuada (Weir, 1974). A deficiência de cálcio para Pimentel Gomes (1970), tem como um de seus efeitos o sistema radicular, que fica muito pequeno e insuficiente. Então, pode colocar que o cálcio não ajudando a produção de massa da raiz, deve estar influenciando de forma benéfica o pH do solo, influenciando na fixação biológica da bactéria *Rhizobium* e, nas raízes, formando nódulos. Todavia, esse fato tende a aumentar a acidez do solo e talvez o cálcio esteja contribuindo para tornar o solo menos ácido, favorecendo o maior número de nódulos e a menor fitomassa da raiz quando a dose é 600kg/ha. Além disso, o solo utilizado não está no patamar que poderia ser enfatizado com ácido médio.

Quanto ao fósforo, tem-se que embora Kolling et al. (1974), afirme a importância do suprimento de fósforo para nodulação eficiente e Kolling et al. (1976) na fixação simbiótica de nitrogênio, o efeito obtido não foi favorável no caso do amendoim. Embora que seja de importância para a leguminosa forrageira, onde o principal objetivo é o aumento do teor desse nutriente no tecido da parte aérea das plantas, talvez o próprio metabolismo da planta do amendoim faça com que o fósforo não tenha influência para a fitomassa da raiz ou aérea e, sim para a fitomassa referente ao peso de vagens ou sementes. Pode-se destacar que as folhas estão para leguminosa forrageira, assim como, as vagens estão para a leguminosa cultivada do amendoim, ou seja, seus produtos finais. Para o fósforo ser transportado até o produto final da leguminosa forrageira, tem-se a raiz como o fator de entrada para assegurar o suprimento e para a leguminosa amendoim, talvez o fósforo (pouco solúvel) no solo seja usado racionalmente para o futuro fornecimento, a produção das vagens. Como poderá ser verificado neste trabalho, o número de vagens chochas é dependente das doses de fósforo, a dose máxima trabalhada de 150kg/ha, produz um menor número de vagens chochas embora, que haja uma interação significativa com o cálcio.

A ênfase do produto final do metabolismo da planta pode ainda ser colocado que os níveis altos de fósforo nas plantas são encontradas nos tecidos dos pontos de crescimento, uma vez que segundo o MIFS (1988) o fósforo movimenta-se rapidamente dos tecidos velhos para os novos; as deficiências aparecem primeiro nas partes baixas da planta, à medida que atingem a maturidade mais fósforo se movimenta para as sementes e frutos (produto final).

Quanto às demais variáveis fisiológicas as doses estão praticamente com os mesmo valores, ou seja, o cálcio apresentou-se valores próximos ou iguais a 600kg/ha e o fósforo com valores próximos ou iguais a 77kg/ha. Exceção para estas variáveis, têm-se a fitomassa total e o comprimento de vagem. Para a fitomassa total esta é explicada pela contribuição da fitomassa raiz. Já para o comprimento de vagem, tem-se apenas o fósforo, que atua como fator positivo, o cálcio tem sua interação com o fósforo e produz efeitos desfavoráveis. Nakagawa et al. (1980), com adubação fosfatada, com a maior dose empregada na cultivar Tatu 53, obteve um aumento significativo no número de sementes por vagem em comparação com a testemunha, que têm uma relação estreita com o comprimento de vagens. Maior número de sementes por vagem, dá indícios de um maior comprimento de vagem. Assim, o efeito positivo do fósforo já era esperado (Nakagawa et al., 1973; Nakagawa et al., 1977a; Nakagawa 1977b; Rocha et al., 1965). Todavia, a lógica leva a crê que um aumento excessivo no comprimento da vagem pode levar a um aumento do número de vagens chochas, possivelmente, devido ao cálcio não influenciar o comprimento, mas sim a largura da vagem.

Também é contraditória, a dose de 0kg/ha para o comprimento de vagem. Já que, segundo o MIFS (1998), esse é essencial ao desenvolvimento das vagens. Porém, aumentar o tamanho da vagem não significa uma melhor fertilidade ou produtividade do amendoim. Comprimento e largura de vagens tendem a caminhar juntos. Talvez, esta dose não seja adequada em virtude de na análise desta variável o comprimento de vagem apresentarem-se valores melhores, num intervalo de 0 a 300kg/ha.

De uma forma geral, os nutrientes cálcio e fósforo em doses adequadas são decisivas para a produção do amendoim. Segundo Abrão & Grimm (1975), a deficiência de fósforo e a acidez do solo, aliada a níveis tóxicos de alumínio e manganês constituem-se nos principais fatores limitantes a produção agrícola, mas de um modo especial, as leguminosas. Para alguns pesquisadores como Pavan (1986), o gesso tem efeito de complexação do Al com SO_4 na solução do solo diminuindo o efeito tóxico do Al e aumentando a forma de Ca^{2+} na solução, o que influencia diretamente na produção. Com a aplicação do cálcio, há uma redução da toxidez do alumínio e, isso segundo Pierre & Stuart (1933) apud Abrão & Grimm (1975), acarreta a resposta da planta à aplicação maciça de fósforo. Daí, a interação não significativa em altos níveis de fósforo, pode representar o estágio em que a sua deficiência tenha sido corrigida e, o seu principal efeito como também do cálcio, foi a de corrigir a toxidez do alumínio.

TABELA 4.1 – Produção das Variáveis de Desenvolvimento e Crescimento Número de Flores (NF), Número de Ginóforos (NG), Número de Nódulos (NN), Fitomassa Aérea (FITAR), Fitomassa Raiz (FITRZ), Fitomassa Vegetativa (FITAR+RZ), Fitomassa Total (FITTOTAL), Comprimento de Vagens (CV) e Largura de Vagens (LV) do Amendoim na Ausência da Aplicação, na Aplicação das Doses Máximas e na Aplicação das Doses Recomendadas de Cálcio e Fósforo (Experimento I), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.

VARIÁVEL	PRODUÇÃO ⁽¹⁾		PRODUÇÃO ⁽²⁾	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		*AUMENTO % NA PRODUÇÃO
	0kg/ha Ca 0kg/ha P	1200kg/ha Ca 150kg/ha P	DOSES RECOMENDADAS	Ca	P	
NF	39,7	32,3	66,9	600,0	75,9	73,6
NG	18,3	32,3	58,8	600,0	77,9	221,3
NN	576,7	549,0	715,6	586,6	0	24,1
FITAR	9,0g	10,7g	12,4g	600,0	88,8	37,9
FITRZ	0,7g	0,6g	0,7g	0	0	1,5(REDUÇÃO)
FITAR+RZ	9,7g	11,3g	12,9	600,0	90,4	33,8
FITTOTAL	25,0g	29,8g	31,3	300,0	71,2	25,0
⁽³⁾ CV	32,8mm	40,5mm	46,0mm	0-300,0	84,3	40,1
⁽³⁾ LV	11,9mm	13,6mm	14,0mm	535,8	50,0	17,7
DOSES MÉDIAS RECOMENDADAS				540	80	

(1) – Valores obtidos através de medições

(2) - Valores determinados através dos efeitos de regressão

(3) - Dose em função de CV e LV simultaneamente

* - Aumento na produtividade com relação a ausência de aplicação dos nutrientes

L – ANÁLISE DE CRESCIMENTO

O crescimento das plantas como um todo, seja aumento de volume, de peso, de dimensões lineares e de unidade estruturais, é função do que a planta armazena e do que a planta produz em termos de material estrutural, sendo assim, de natureza quantitativa. Na Tabela 4-1E (anexos) encontra-se os resumos das análises de variância dos dados relativos às variáveis de crescimento de altura da planta (cm), diâmetro caulinar (cm) e área foliar (cm²). A análise de variância (Tabela 4-1E) verificou-se efeito significativo da interação das doses de cálcio e das doses de fósforo para o diâmetro caulinar e área foliar. No caso da altura houve diferença significativa apenas para as doses de fósforo. Todos os efeitos significativos relatados têm uma probabilidade de 5% pelo teste F.

As variáveis referentes à análise de crescimento das plantas do amendoim: altura, diâmetro caulinar e área foliar encontram-se nas Figuras 4.2-10 a 4.2-15. Estes dados avaliados nas diferentes fases do ciclo cultural (dos 10 aos 90 dias após a emergência – DAE) apresentam tendência logística sob todas as doses de cálcio e fósforo. As Tabelas 5-1E a 7-1E (Anexos) apresentam os coeficientes da análise de crescimento, que se ajustaram bem aos dados experimentais, de forma significativa pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade, para todos os tratamentos testados, a tendência logística, com elevados coeficientes de regressão, correspondendo a um modelo exponencial.

O crescimento do amendoim, independente da adubação, (Figuras 4.2-10 a 4.2-15) apresentou três fases distintas: uma inicial, anterior ao aparecimento dos ginóforos com crescimento relativamente lento (aproximadamente até os 40 DAE); outra intermediária, do início do aparecimento dos ginóforos até o começo do enchimento dos grãos (aproximadamente até os 70 DAE) com crescimento acelerado; e, outra final, quando ocorre o desenvolvimento das sementes, em que o aumento da altura e da área foliar é muito lento, e as curvas tendem a se aproximar de um patamar. No caso do diâmetro estas fases não estão bem distintas, apresentando um crescimento lento até cerca dos 40 DAE, a partir desse período, as curvas aproximam-se de um patamar, fase da floração e do aparecimento dos primeiros ginóforos.

A forma geral das curvas obtidas, para cada variável estudada, está de acordo com as obtidas em outros trabalhos conforme literatura (Silva, 1997; Fideles Filho, 1997).

Portanto, a resposta do amendoinzeiro à aplicação das doses de cálcio e fósforo para as variáveis de crescimento não se mostrou satisfatória. Fato identificado quando se faz a avaliação das curvas das doses de cálcio dentro das de fósforo e vice-versa, em que não se pode determinar o tratamento com maior crescimento. Sendo comprovado através da análise de variância, que se encontra na Tabela 4-1E (Anexos), onde para altura houve significância apenas para as doses de fósforo (a 5% de probabilidade), para o diâmetro e para a área foliar houve significância da interação das doses de cálcio e doses de fósforo (a 5% de probabilidade).

Quando se avalia a influência das doses de cálcio dentro das doses de fósforo (Figura 4.2-10), observa-se que a altura foi reduzida quando as doses de fósforo foram menores particularmente para a dose de 0kg/ha, em que todas as curvas apresentam valores inferiores à 30cm. No caso da influência do cálcio percebe (Figura 4.2-11) que todas as curvas a partir dos 80 DAE encontram-se em torno de 20 a 35 cm, independente das doses de cálcio. De uma maneira geral, verifica-se que há um aumento dos valores de altura das plantas quando aumentam-se os valores das doses de fósforo, sendo que a dose de 50kg/ha de fósforo proporciona valores sempre maiores independentes das doses de cálcio.

A não dependência da altura das plantas com relação às doses de cálcio é também verificada pela taxa de crescimento da altura (Figura 4.2-16). Ao contrário as curvas em que identificam-se a influência do fósforo, Figura 4.2-17, a maioria tende a se sobrepor. Para o diâmetro, houve interação significativa, no desdobramento das doses de fósforo dentro da dose de 900kg/ha de cálcio e no desdobramento das doses de cálcio dentro da dose de 0kg/ha de fósforo. Este fato é identificado nas Figuras 4.2-12[A] e 4.2-13[D], e para as demais não houve interação significativa com algumas curvas tendendo a se sobrepor. Assim, os maiores valores do diâmetro caulinar são verificados quando a dose de fósforo é de 0kg/ha e a dose de cálcio é de 900kg/ha. Já quando a dose de cálcio é de 900kg/ha prevalece a dose de 0kg/ha de fósforo. Então, a superioridade do diâmetro caulinar corresponde à planta que recebeu o tratamento em que as doses de cálcio e fósforo são 900kg/ha e 0kg/ha, respectivamente. A superioridade deste tratamento é também identificada pela taxa de crescimento relativo do diâmetro nas Figuras 4.2-18 e 4.2-19.

Já para a área foliar, houve interação significativa no desdobramento da doses de fósforo dentro da dose 600kg/ha de cálcio e no desdobramento da dose de cálcio dentro da dose de 50kg/ha de fósforo. Fato identificado nas Figura 4.2-14[B] e 4.2-15[C], em que

as demais, embora com algumas diferenças, as curvas em algum momento tendem a se sobrepor, indicando que estas diferenças não são significativas. Observando as Figuras 4.2-14 e 4.2-15, o maior valor da área foliar corresponde ao tratamento em que a dose de cálcio foi de 300kg/ha e a dose de fósforo de 100kg/ha. A superioridade desse tratamento se verifica apenas a partir dos 80 DAE; mas, a diferença apresentada não é significativa. A planta que recebeu o tratamento de 600kg/ha de cálcio e 50kg/ha de fósforo apresenta valor superior da área foliar, com um nível de significância de 5%. Este fato também é comprovado pelas taxas de crescimento relativo apresentado nas Figuras 4.2-20 e 4.2-21.

As taxas de crescimento relativo da altura, do diâmetro caulinar e da área foliar decresceram com a idade da planta, conforme pode ser observado nas Figuras 4.2-16 à 4.2-21, estando este decréscimo, possivelmente, relacionado com o aumento do material não fotossintetizante com a antogenia da planta. Os valores iniciais são altos, decrescendo rapidamente até os 60 DAE, em que o decréscimo se torna menor.

Segundo Street & Öpik (1974), uma fase de crescimento vegetativo é seguida por uma de crescimento reprodutivo, e essa transição é usualmente marcada pelo ápice caulinar que se modifica muito abruptamente, passando da produção de órgãos vegetativos para a produção de flores. No caso do crescimento das plantas do amendoim, este ápice refere-se a partir dos 40 DAE, período de florescimento e aparecimento dos primeiros ginóforos. Então, o que se pode dizer a respeito das variáveis de crescimento das plantas do amendoim não terem a significância esperada com relação às doses de cálcio e fósforo, é o tempo de reação apresentado pela planta para o padrão de transporte destes nutrientes para o seu metabolismo. Seria um tempo para o reajustamento dos nutrientes com o solo e depois com a planta. Esse reajustamento, colocado aqui, é devido à adubação ter sido realizada no momento do plantio. Daí, a adubação cálcica e fosfatada não contribuirão para uma diferença significativa das variáveis de crescimento por alongação; e, a adubação, possivelmente, pode estar contribuindo para a formação (crescimento) dos órgãos reprodutivos.

Então, o amendoim seria uma espécie vegetal que não desenvolve rapidamente os sintomas característicos de deficiência, particularmente com as variáveis de crescimento aqui colocadas, e não é uma planta indicadora, como as que fazem parte da gama de plantas para testes de suspeitas de deficiência mineral do solo. Talvez, isso explique que o amendoim só dê indícios para estudos de deficiência mineral nas variáveis ditas de

produção. Larcher (2000), faz um comentário interessante, em locais pobres de nutrientes a planta apresenta estratégias eficientes, com a reutilização, que possibilita a conservação dos nutrientes adquiridos no corpo da planta durante um período mais longo. Ele coloca como exemplo desta reutilização, o que ocorre na formação de sementes em plantas anuais, pois nesse período uma quantidade desproporcional de macronutrientes especialmente o fósforo, é translocado às custas dos órgãos vegetativos para os órgãos reprodutivos.

Apesar da análise de crescimento ser uma tentativa válida para estudar as bases fisiológicas da produção em que coloca em evidência a influência exercida por variáveis ambientais, genéticas e agrônômicas, a utilizada parece não relatar bem os fatores externos das doses de cálcio e fósforo. Um argumento, para isso, pode estar no fato de que o uso da técnica não destrutiva parece não ser à viável, quando o fenômeno a ser estudado é a adubação mineral (e, principalmente, quando esta foi executada no momento da semeadura). Já se colocou antes, o tempo de resposta da planta aos nutrientes minerais e, em especial, àqueles que têm movimentos lentos no corpo da planta, ou ainda que as variáveis estudadas responderam melhor quando o fator a ser estudado é, por exemplo, o estresse hídrico (Silva, 1997; Fideles Filho, 1997; Silva, 1999; Nóbrega et al., 2001). Uma outra explicação que poderia ser colocada é denominar que o amendoim é uma planta que se apresenta como selvagem, por isso ele é colocado por Silva & Almeida (1991) como uma cultura que pode substituir o efeito residual de outra, que tenha recebido adubação.

Finalmente, apesar das significâncias das doses de cálcio e fósforo nas variáveis de crescimento, os diferentes tratamentos empregados não determinam variações substanciais do amendoizeiro.

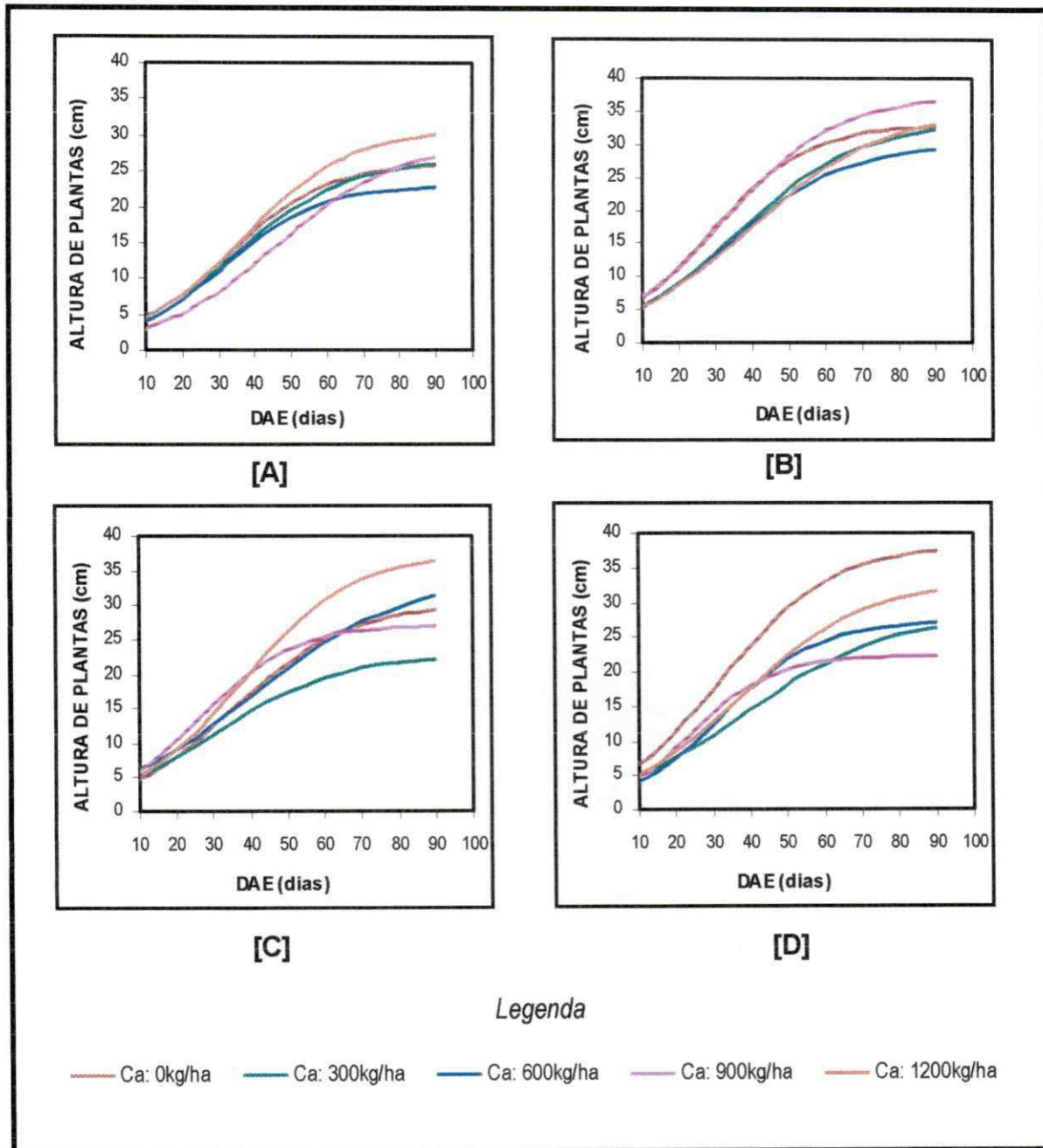


Fig. 4.2-10 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha de fósforo.

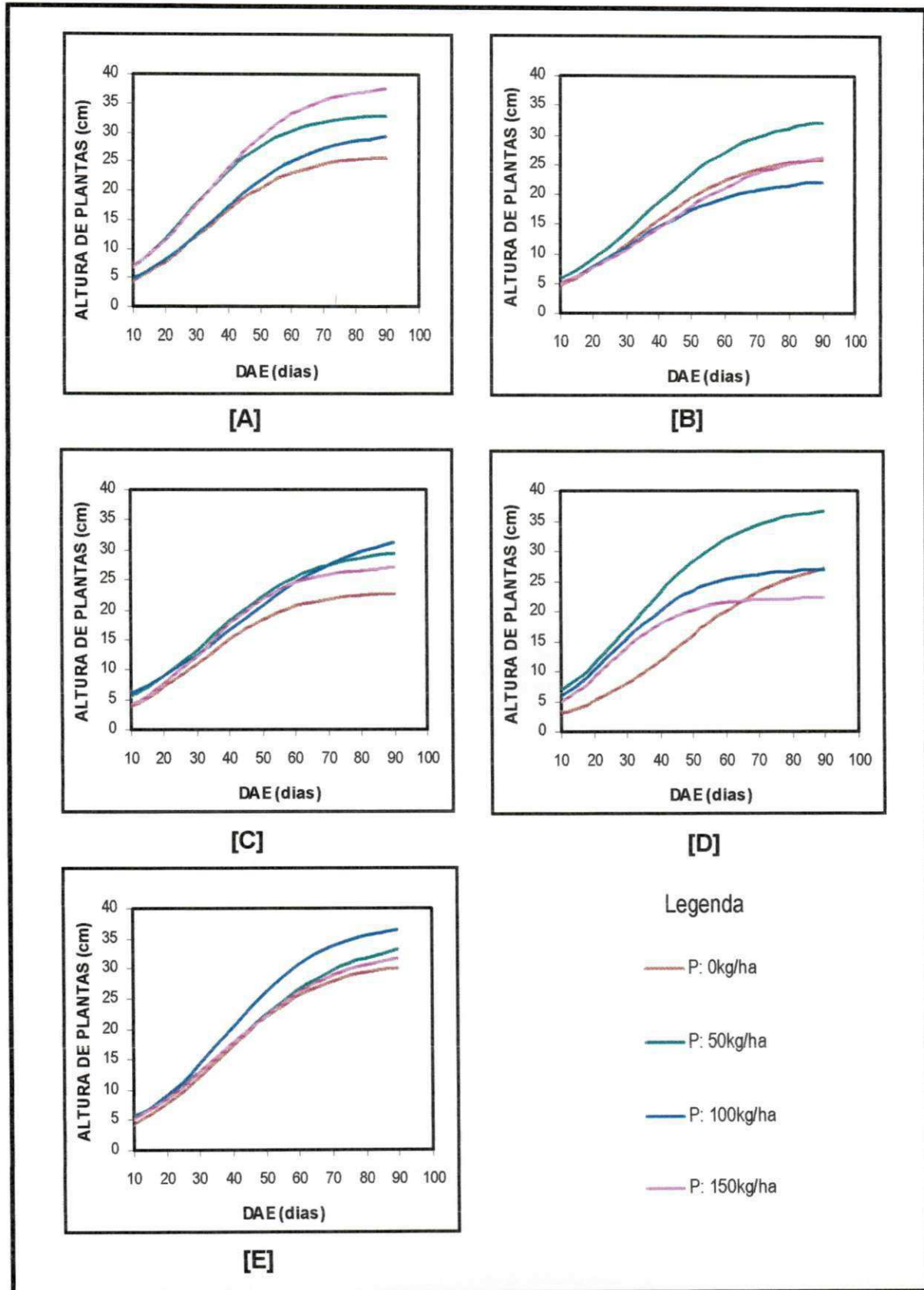


Fig. 4.2-11 - Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha de cálcio.

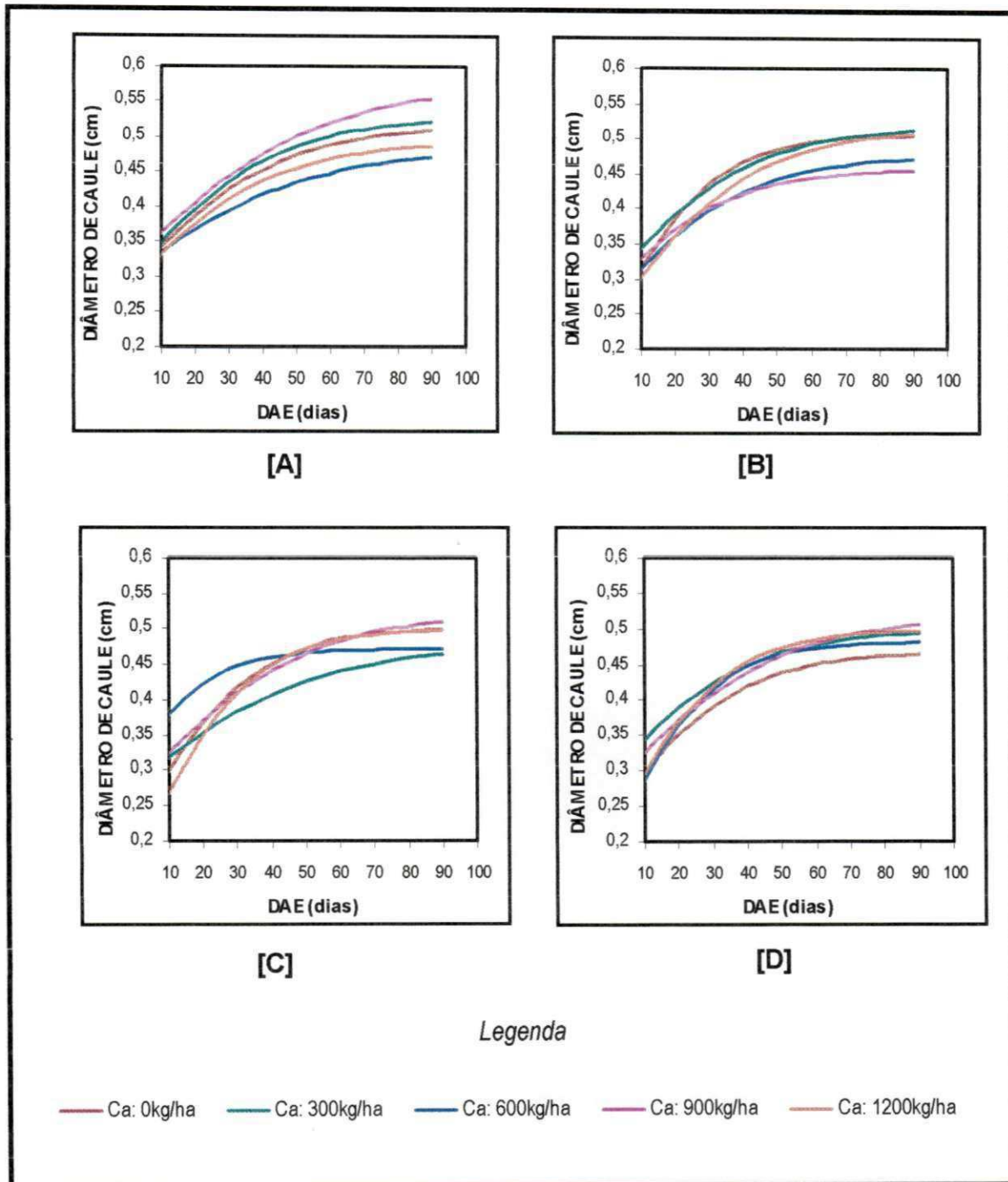


Fig. 4.2-12 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha de fósforo.

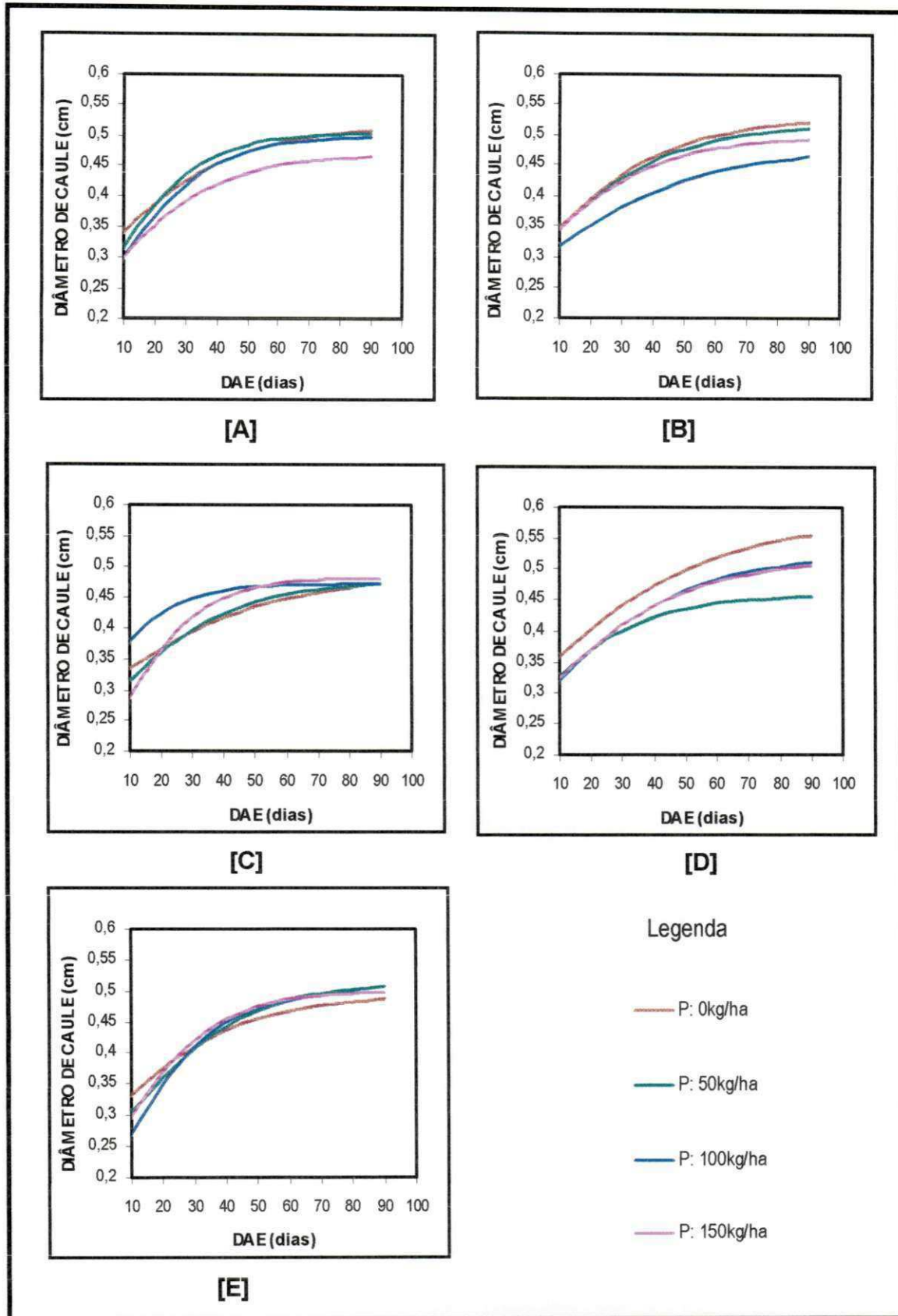


Fig. 4.2-13 - Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha de cálcio.

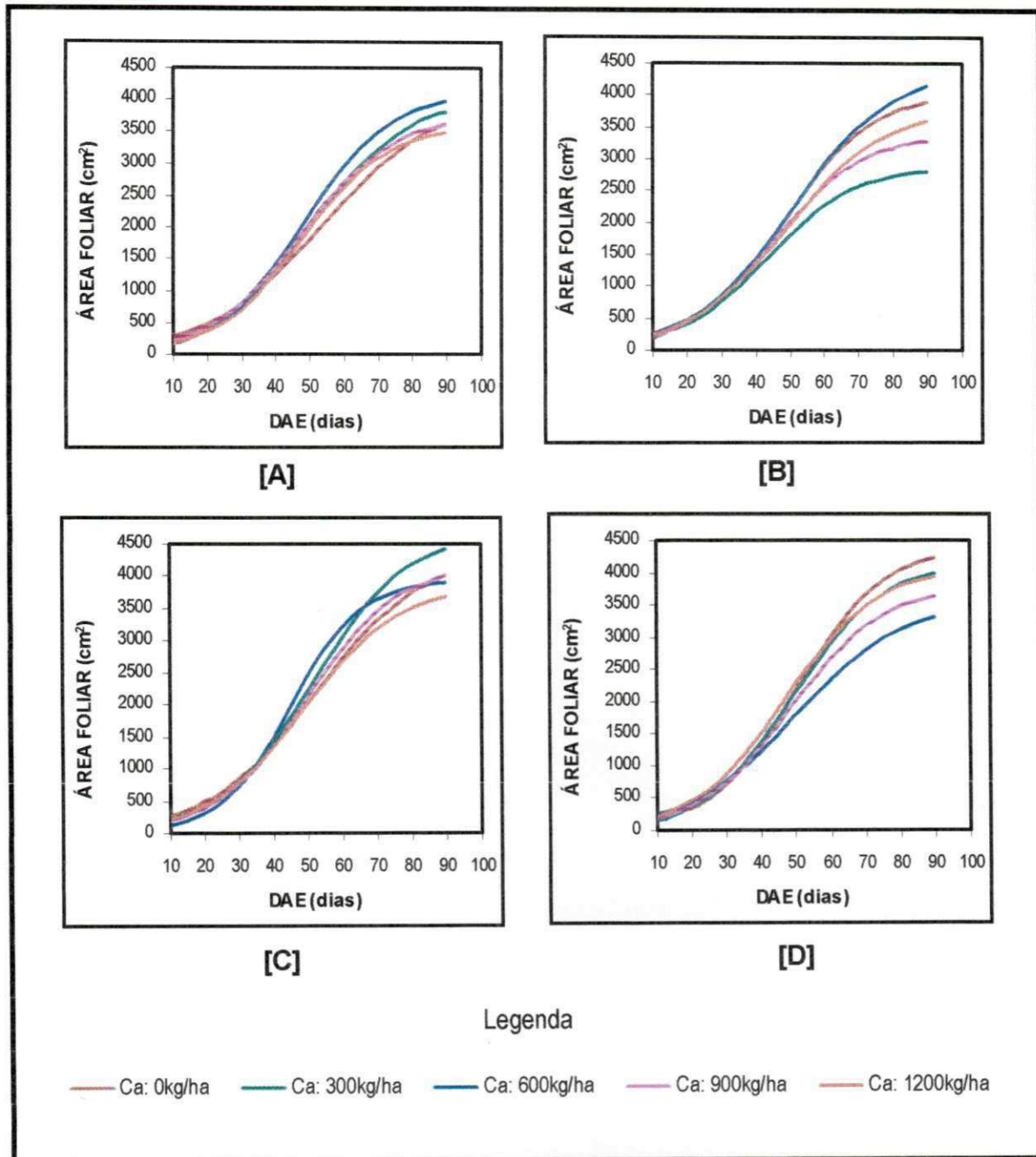


Fig. 4.2-14 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha de fósforo.

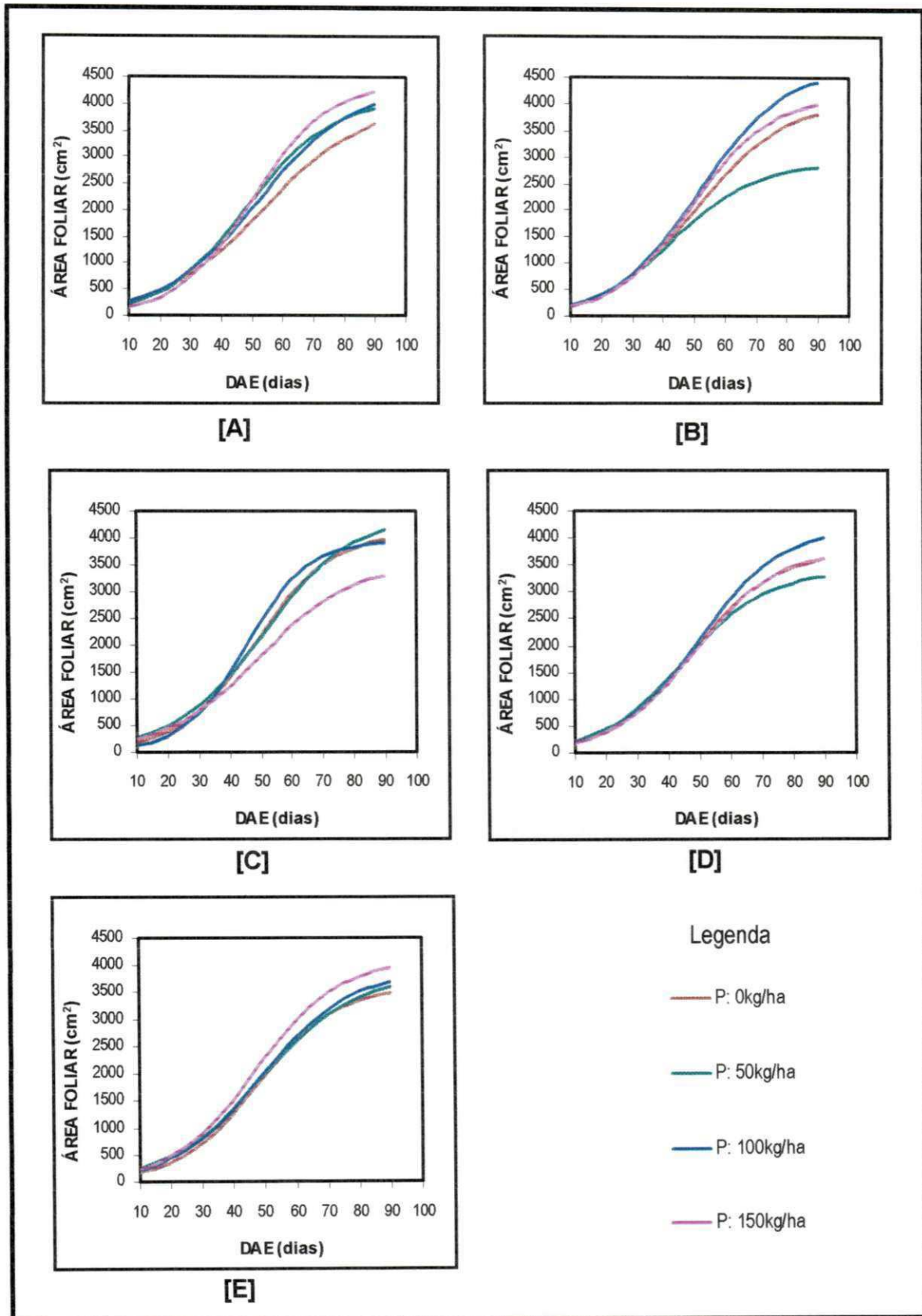


Fig. 4.2-15 - Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha de cálcio.

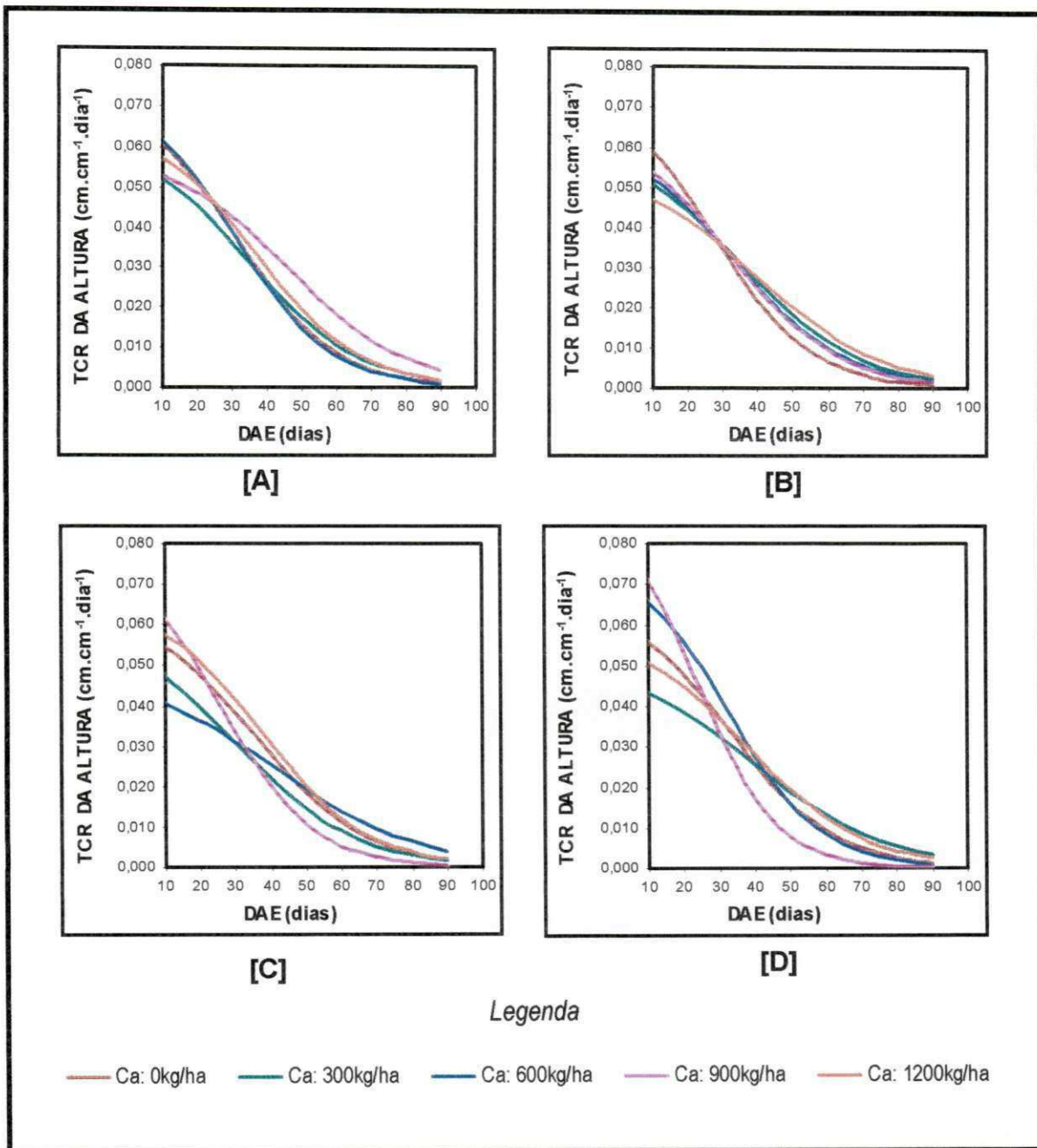


Fig. 4.2-16 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha de fósforo.

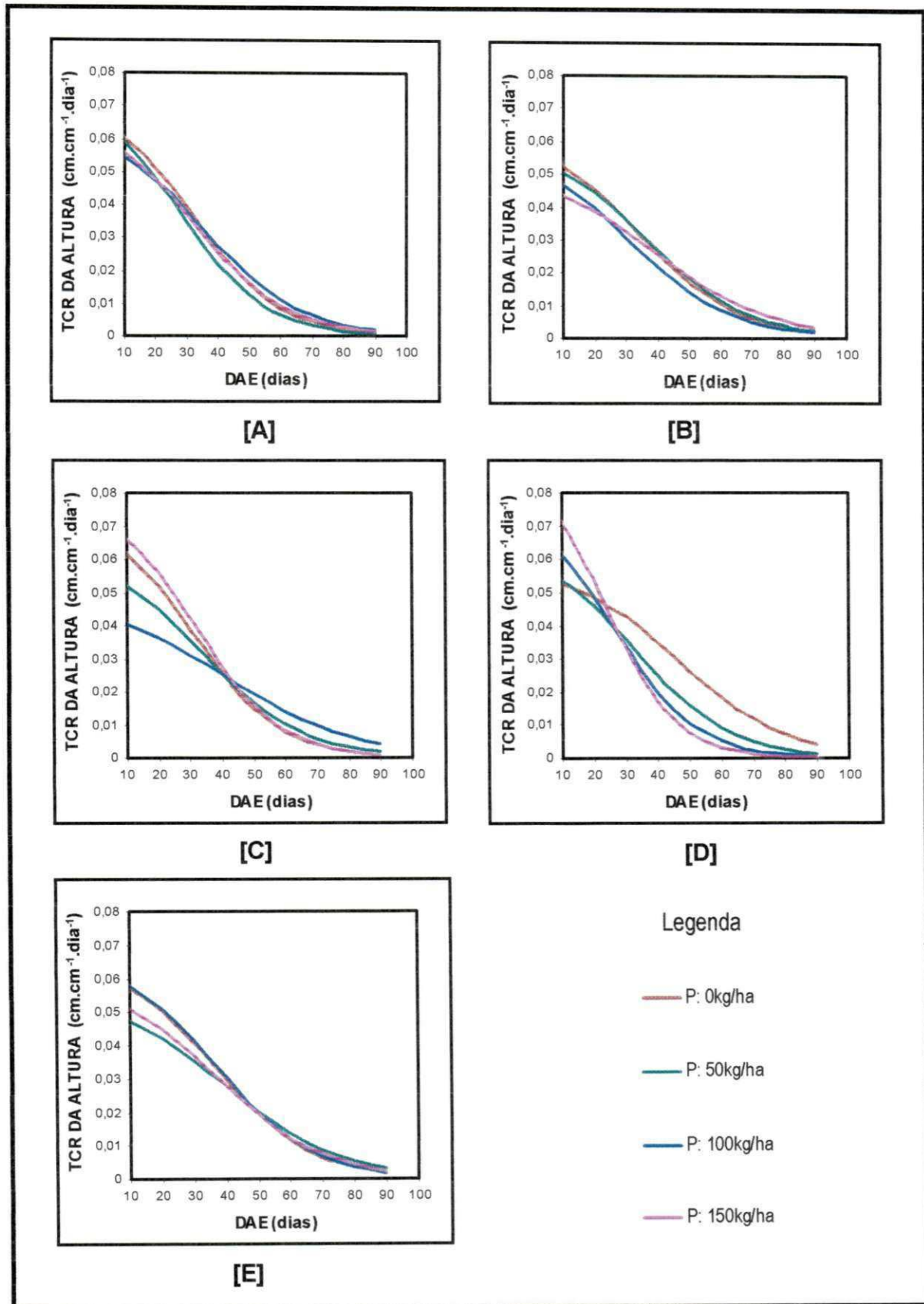


Fig. 4.2-17 - Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da altura de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha de cálcio.

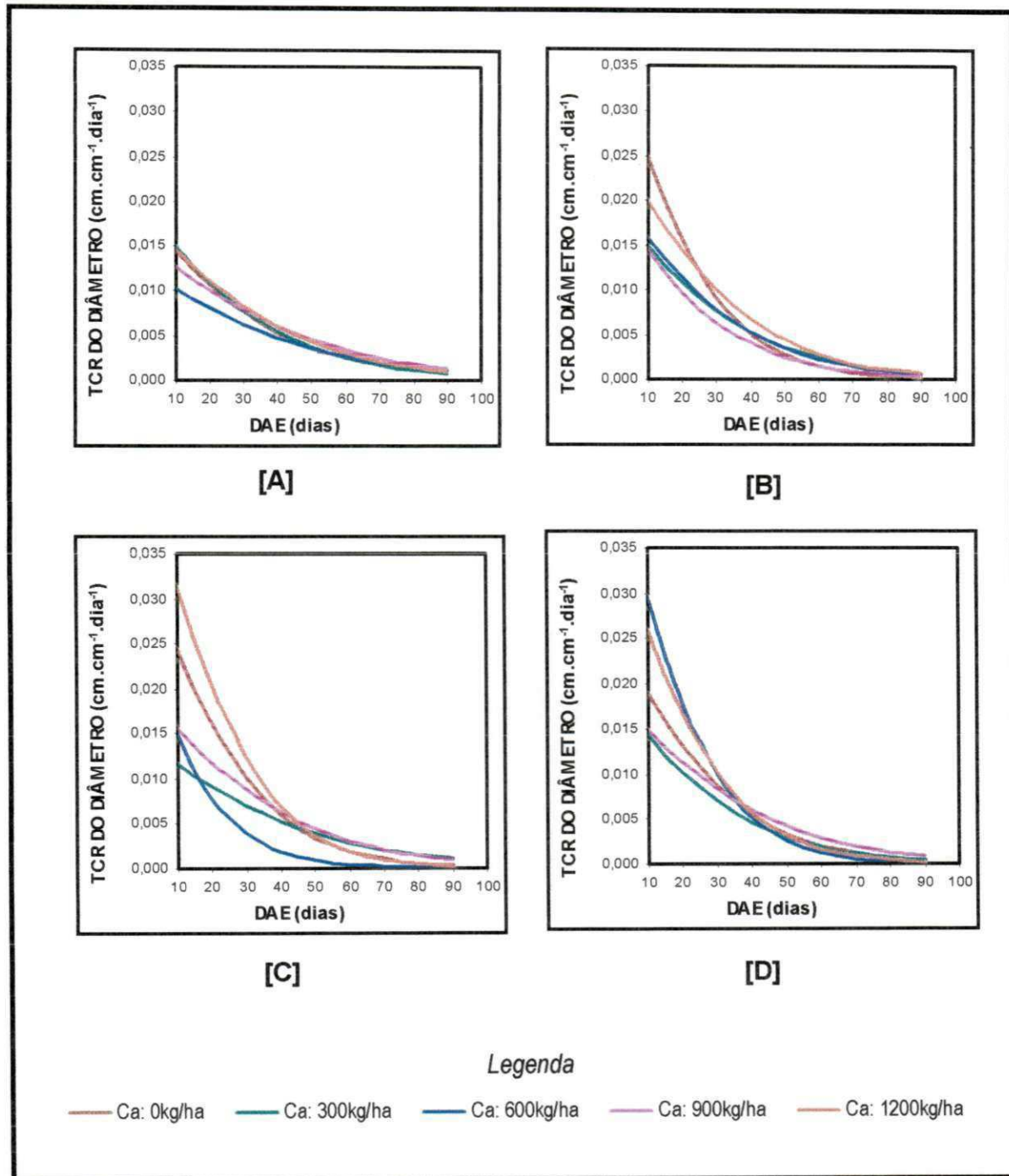
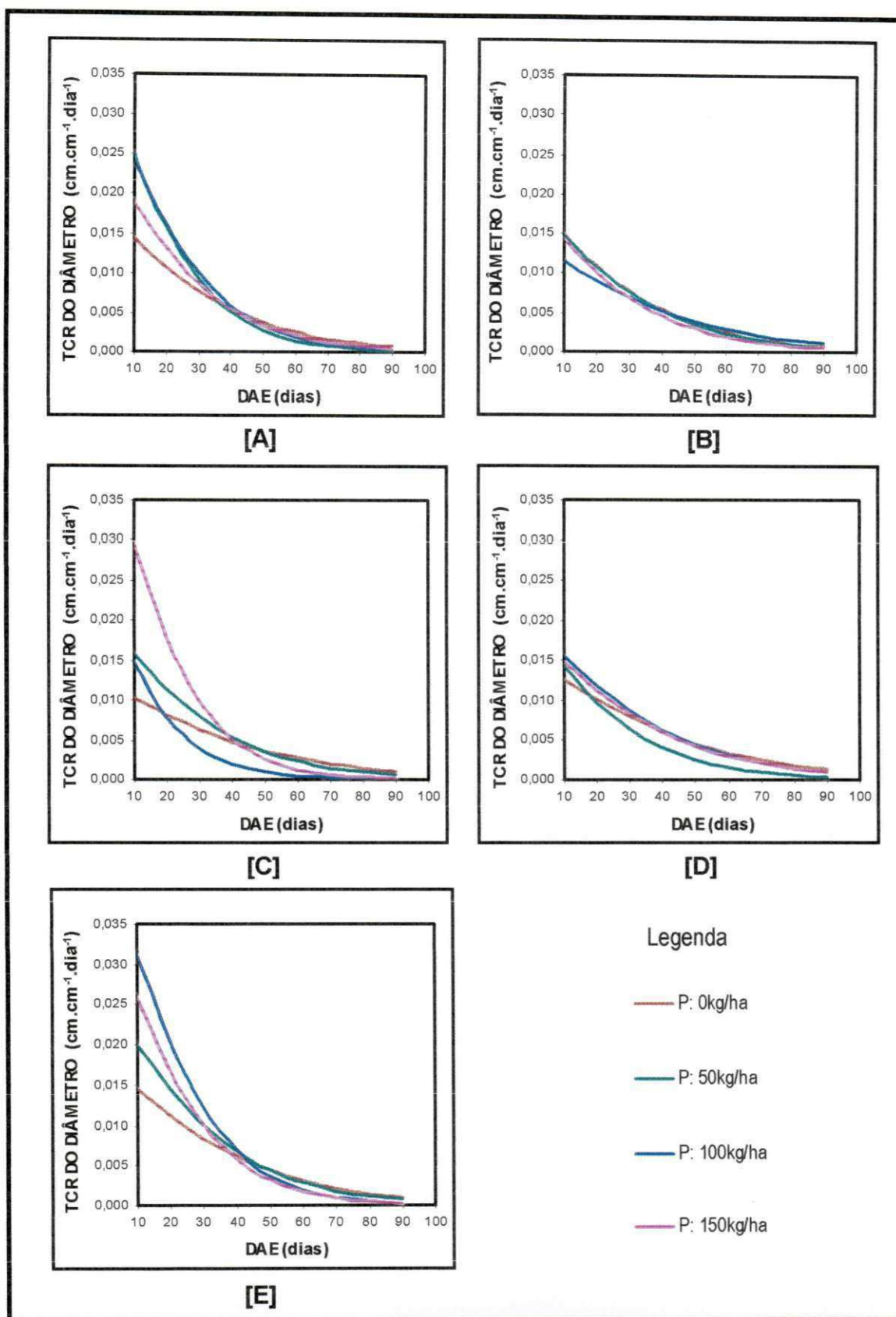


Fig. 4.2-18 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) do diâmetro de caule de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha de fósforo.



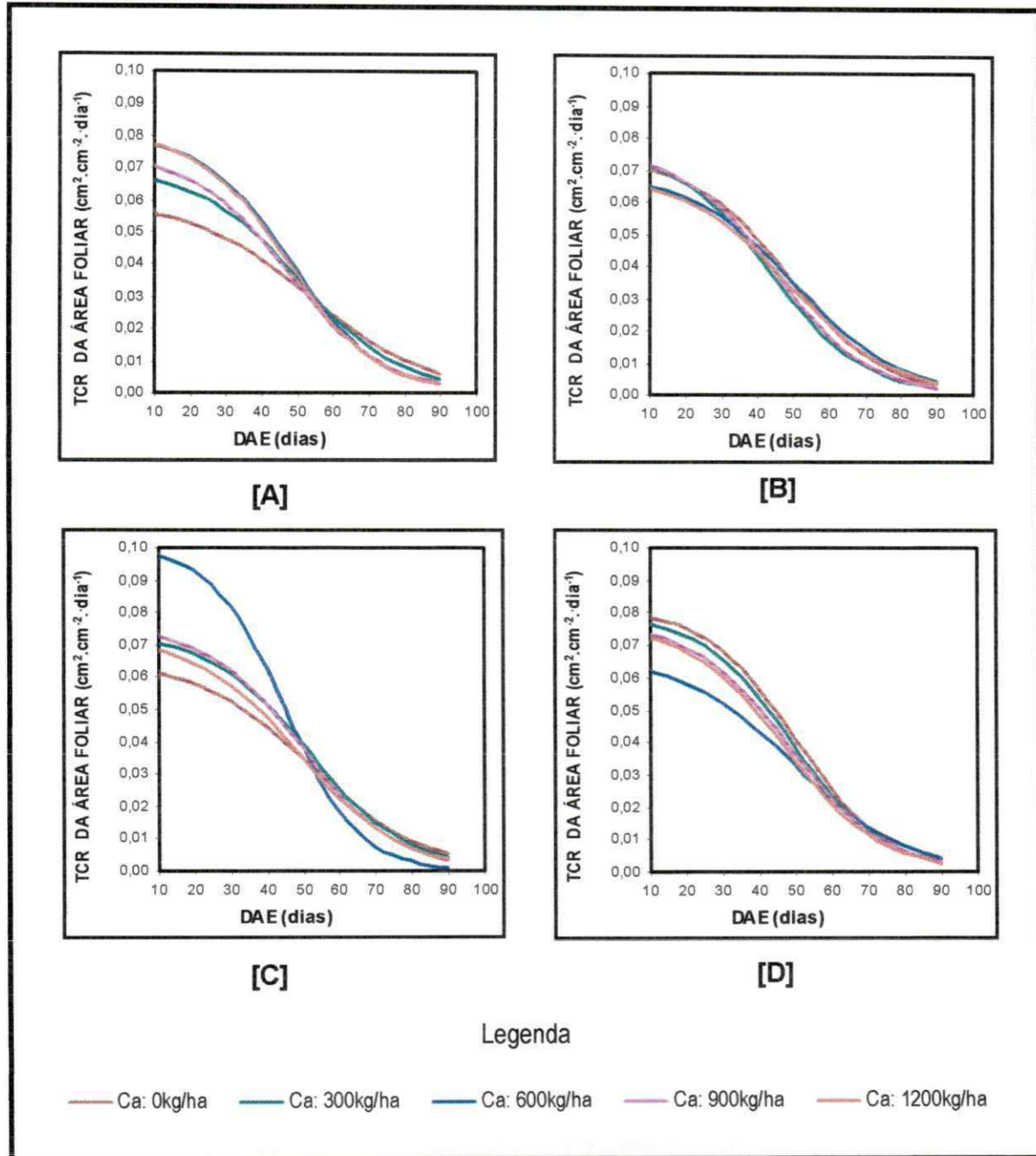


Fig. 4.2-20 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha de fósforo.

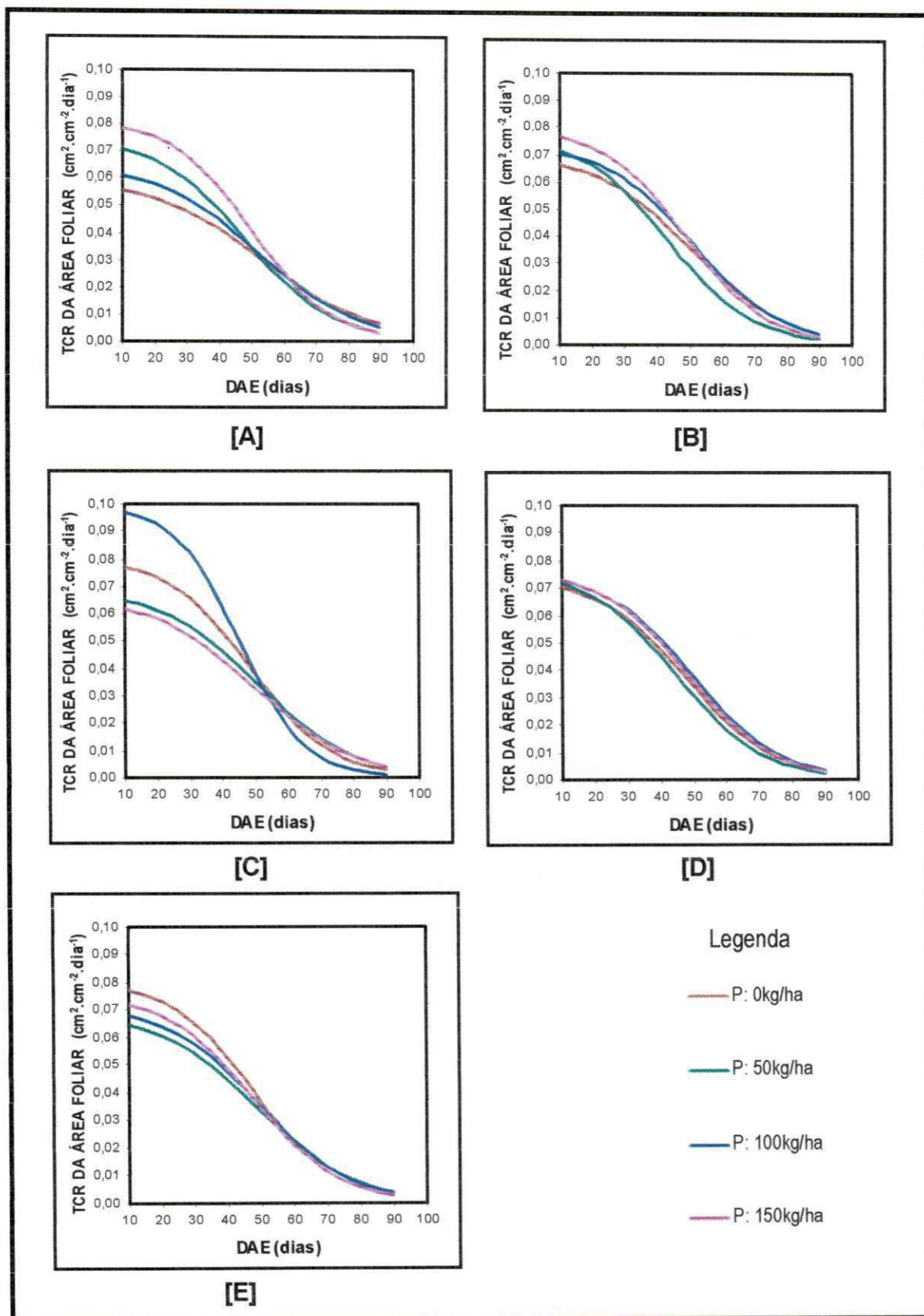


Fig. 4.2-21 - Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio sobre a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) da área foliar de plantas do amendoim, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

[A] Dose 0kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha de cálcio.

EXPERIMENTO II

Da mesma forma ao que ocorreu no experimento I, a análise de variância das variáveis de desenvolvimento e crescimento do experimento II (Tabela 1-2E, nos Anexos) revelou respostas significativas dos fatores isolados e da interação doses de cálcio e doses de fósforo para as variáveis analisadas FITAR e FITTOTAL. No entanto, não se conseguiu nenhuma superfície de resposta que se ajustasse aos dados. Então, o método utilizado foi o de busca de curvas de respostas de doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo e vice-versa.

A – FITOMASSA AÉREA

Os conjuntos de curvas da fitomassa aérea estão apresentados nas Figuras 4.2-22A e 4.2-22B. As curvas que apresentam valores máximos são Ca: 600kg/ha e P: 100kg/ha. Para a curva de Ca: 600kg/ha, tem-se a dose de fósforo de 110,8kg/ha com a fitomassa aérea de 13,1g e, a curva P: 100kg/ha, tem-se a dose de cálcio de 618,6kg/ha com 13,0g para a fitomassa aérea. Assim, as doses recomendadas são de 600kg/ha e 110kg/ha para o cálcio e fósforo, respectivamente, produzindo uma fitomassa aérea de 13,1g.

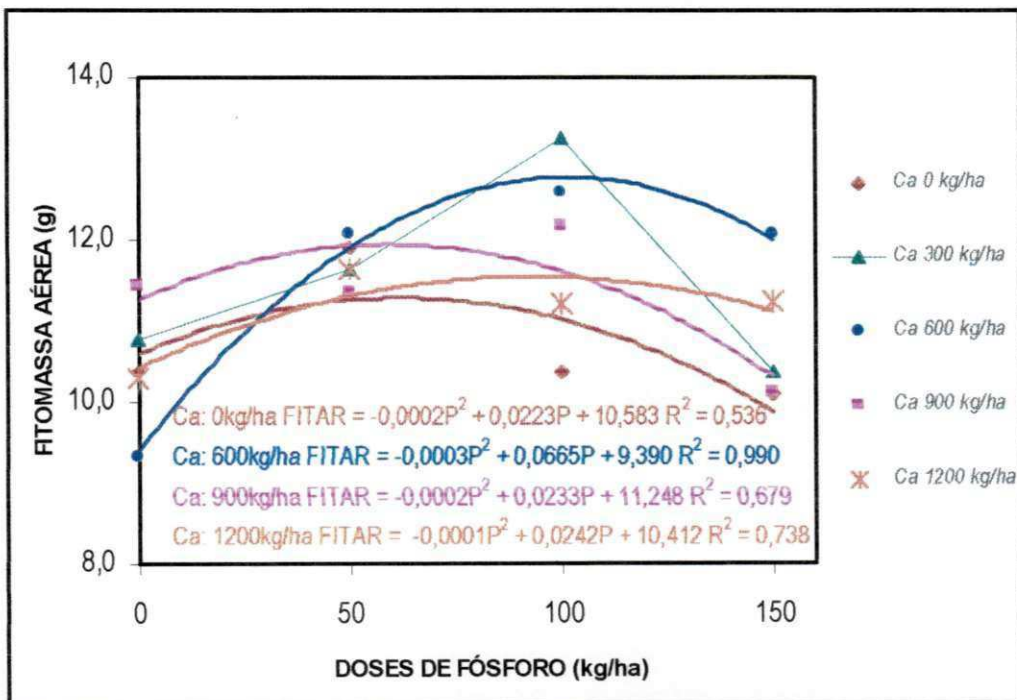


Fig. 4.2-22A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

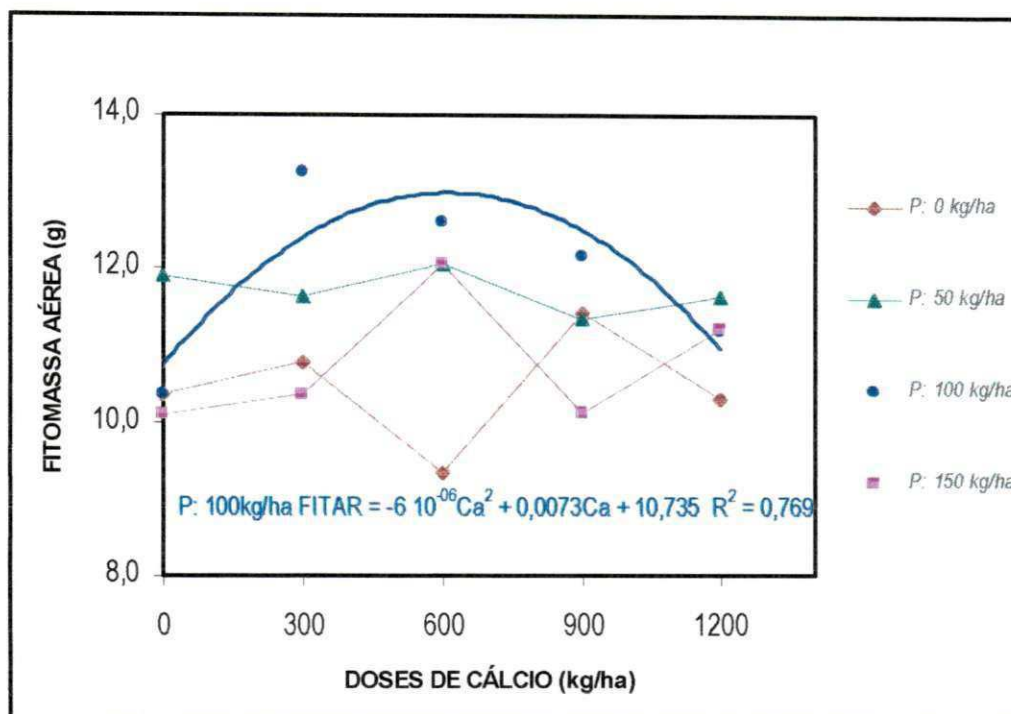


Fig. 4.2-22B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa aérea por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

B – FITOMASSA TOTAL

A fitomassa total tem o conjunto de curvas apresentadas nas Figuras 4.2-23A e 4.2-23B, onde as curvas Ca: 600kg/ha e P: 100kg/ha apresentam valores máximos. A curva Ca: 600kg/ha conduz a uma dose de fósforo de 114,3kg/ha e uma fitomassa total de 31,4g e a curva P: 100kg/ha conduz a uma dose de 618,6kg/ha de cálcio e uma fitomassa total de 32,3g. Então, as doses recomendadas são 618,6kg/ha para o cálcio e 100kg/ha para o fósforo, produzindo uma fitomassa total de 32,3g por planta.

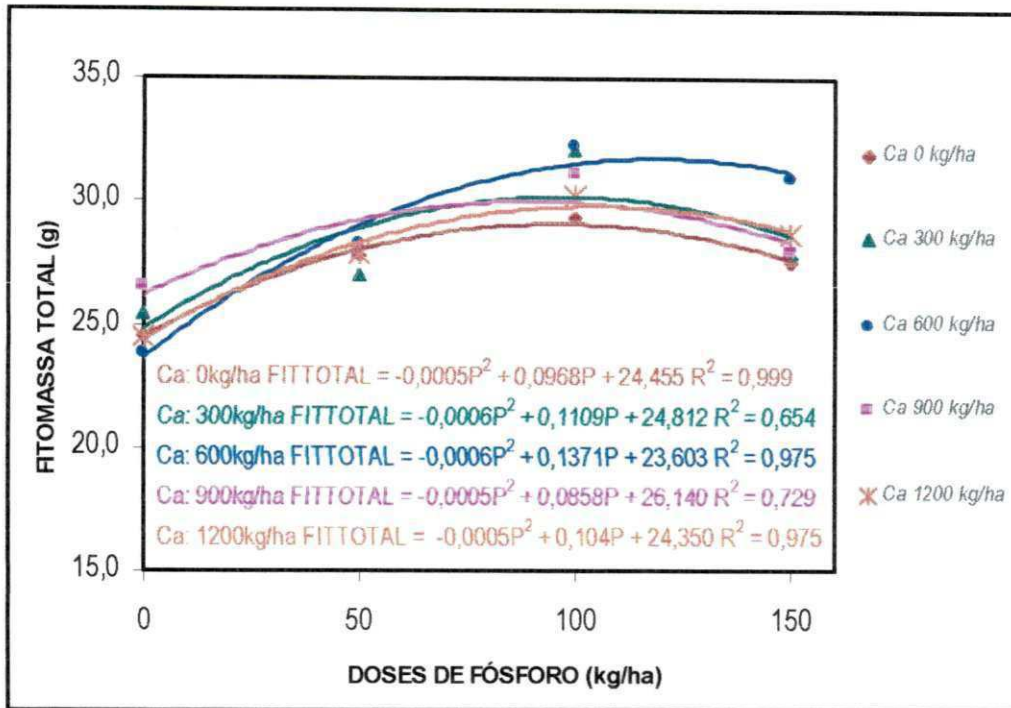


Fig. 4.2-23A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

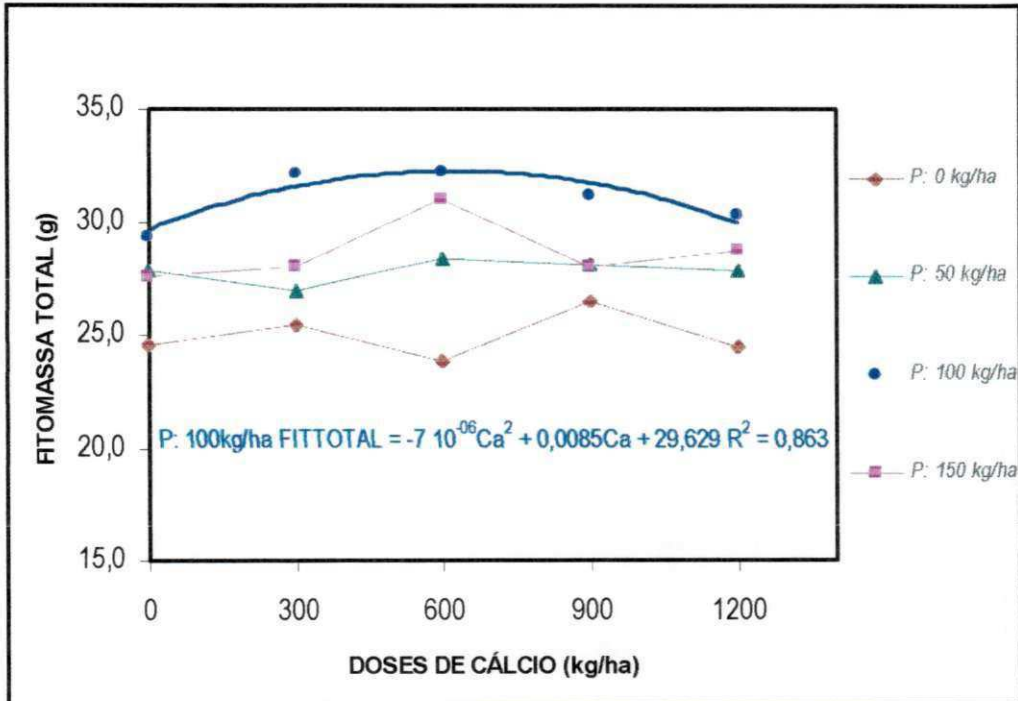


Fig. 4.2-23B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo na fitomassa total por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

C - DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO

Na Tabela 4.2 apresenta as doses de cálcio e fósforo recomendadas, para cada variável analisada, no Experimento II. A comparação é dada pelos valores dos tratamentos em que houve ausência da aplicação dos nutrientes e também pelos valores em que as aplicações dos nutrientes foram às máximas. Nota-se que a maioria das variáveis analisadas a dose de cálcio recomendada é próxima de 600kg/ha e a dose de fósforo tem valor próximo a 100kg/ha. Houve variações, mas extremamente pequenas para as duas variáveis analisadas.

Através dos valores apresentados pelas variáveis, as doses recomendadas tiveram valores próximos das recomendadas no ciclo I (ou experimento I). Pode-se constatar que a dose da fitomassa aérea manteve-se praticamente a mesma, havendo apenas um aumento para a dose de fósforo. Para a fitomassa total, o aumento da dose de cálcio dobrou e houve um aumento de 38,8kg/ha para a dose de fósforo.

Como o número de variáveis utilizadas para esta análise foi apenas duas, a dose a ser recomendada, verdadeiramente, deverá incorporar as variáveis agrônômicas, comentadas mais adiante.

TABELA 4.2 – Produção das Variáveis de Desenvolvimento e Crescimento Fitomassa Aérea (FITAR) e Fitomassa Total (FITTOTAL) do Amendoim, na Ausência da Aplicação, na Aplicação das Doses Máximas e na Aplicação das Doses Recomendadas de Cálcio e Fósforo (Experimento II), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.

VARIÁVEL	PRODUÇÃO (1)		PRODUÇÃO (2)	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		AUMENTO % NA PRODUÇÃO
	0kg/ha Ca 0kg/ha P	1200kg/ha Ca 150kg/ha P	DOSES RECOMENDADAS	Ca	P	
FITAR	10,4g	11,2g	13,1g	618,6	100,0	26,0
FITTOTAL	24,5g	28,7g	32,3g	600,0	110,0	31,8
DOSES MÉDIAS RECOMENDADAS				609	105	

(1) - Valores obtidos através de medições

(2) - Valores determinados através das equações de regressão

4.3 - VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

EXPERIMENTO I

Nas variáveis agronômicas, de acordo com os dados obtidos na análise de variância (Tabela 3-1E, Anexos), verificam-se respostas significativas de 1% de probabilidade pelo teste F dos fatores isolados e da interação doses de cálcio e doses de fósforo para as variáveis: peso de vagens (PV), peso de sementes (PS), peso de sementes perfeitas (PSP), número de vagens (NV) e número de vagens chochas (NVC). A exceção é para o teor de óleo (TO), que apresenta significância de 5% apenas para as doses de fósforo.

As análises das variáveis agronômicas que são relacionadas à produção serão dadas de acordo com a mesma metodologia seguida para as variáveis de desenvolvimento.

A – PESO DE VAGENS

Apesar da variável peso de vagens, na análise de variância, haver interação significativa das doses de cálcio, das doses de fósforo e das doses de cálcio e doses de fósforo, nenhuma superfície de resposta foi ajustada e o método usado para sua avaliação foi o de busca de curvas de resposta. As Figuras 4.3-1A e 4.3-1B representam o comportamento do peso de vagens em função das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo e das doses de fósforo dentro de cada de cálcio, respectivamente.

Entre o conjunto de curvas de cada Figura 4.3-1A e 4.3-1B, a curva Ca: 300kg/ha é a que apresenta os maiores valores do peso de vagens, cujo valor máximo é de 19,6g e a dose de fósforo correspondente é de 67,2kg/ha. Já na Figura 4.3-1B nenhuma curva se ajusta, com uma representação esperada. A curva correspondente a P: 100kg/ha e as demais, abaixo das doses de cálcio de cerca de 600kg/ha indica uma ação nociva do nutriente. Todavia, verifica-se que a curva P: 100kg/ha, dentro dos intervalos das doses de cálcio apresenta uma inclinação pequena, ou seja, ela é praticamente paralela ao eixo horizontal, independente das doses de cálcio. De uma forma geral, apesar das demais apresentarem intervalos com estados nocivos, parecem tenderem ao mesmo comportamento da curva P: 100kg/ha.

Mesmo diante dessas discussões, observa-se que a dose recomendada de fósforo deve ser 67,2kg/ha e de cálcio 300kg/ha produzindo 19,6g de vagens.

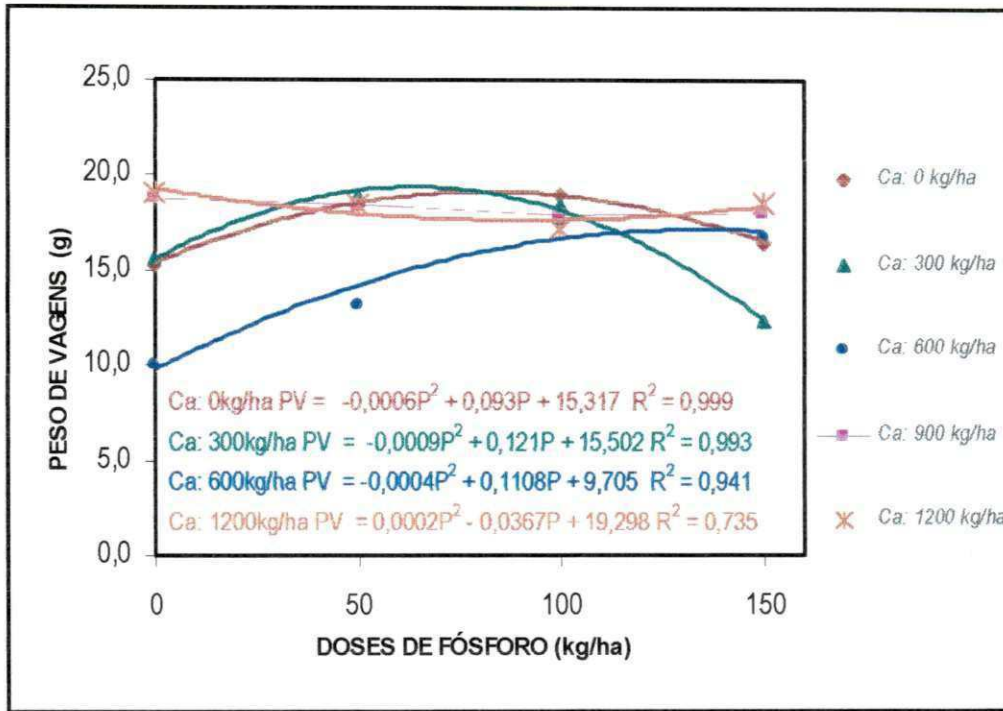


Fig. 4.3-1A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

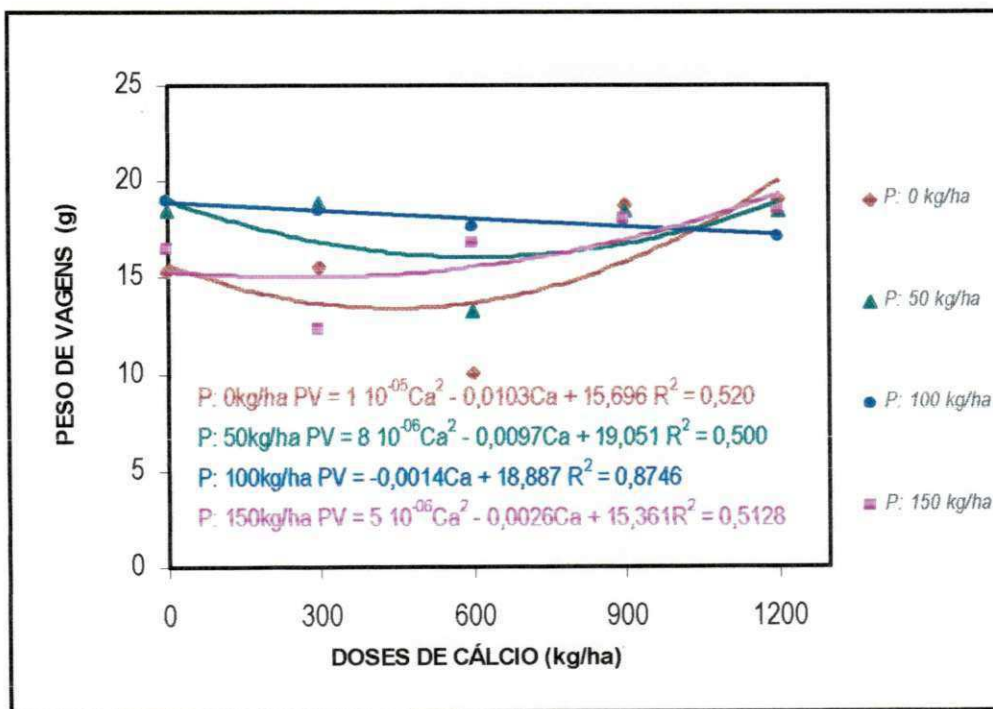


Fig. 4.3-1B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

B – NÚMERO DE VAGENS

Para o número de vagens não foi possível ajustar uma superfície de resposta. Então, o método adotado foi o de busca de curvas de resposta. As Figuras 4.3.2-1 e 4.3.2-2 apresentam o conjunto de curvas do número de vagens por planta em função das doses de fósforo para cada dose de cálcio e das doses de cálcio para cada dose de fósforo, respectivamente.

Na Figura 4.3-2A, tem-se que a curva de Ca: 600kg/ha produz valores maiores e cujo máximo corresponde à dose de fósforo é 63,0kg/ha para o número de vagens de 34. E na Figura 4.3-2B, a curva P: 0kg/ha que tem os maiores valores com relação os demais, já que a curva para os valores de 50kg/ha não se ajusta a nenhum modelo de regressão com coeficiente de determinação razoável, a dose de cálcio correspondente é 686,7kg/ha, cujo número de vagens é 31,5. Então, diante das curvas apresentadas, as doses recomendadas serão 600kg/ha de cálcio e 62,3kg/ha de fósforo, que produz um número de vagens de 34 por planta.

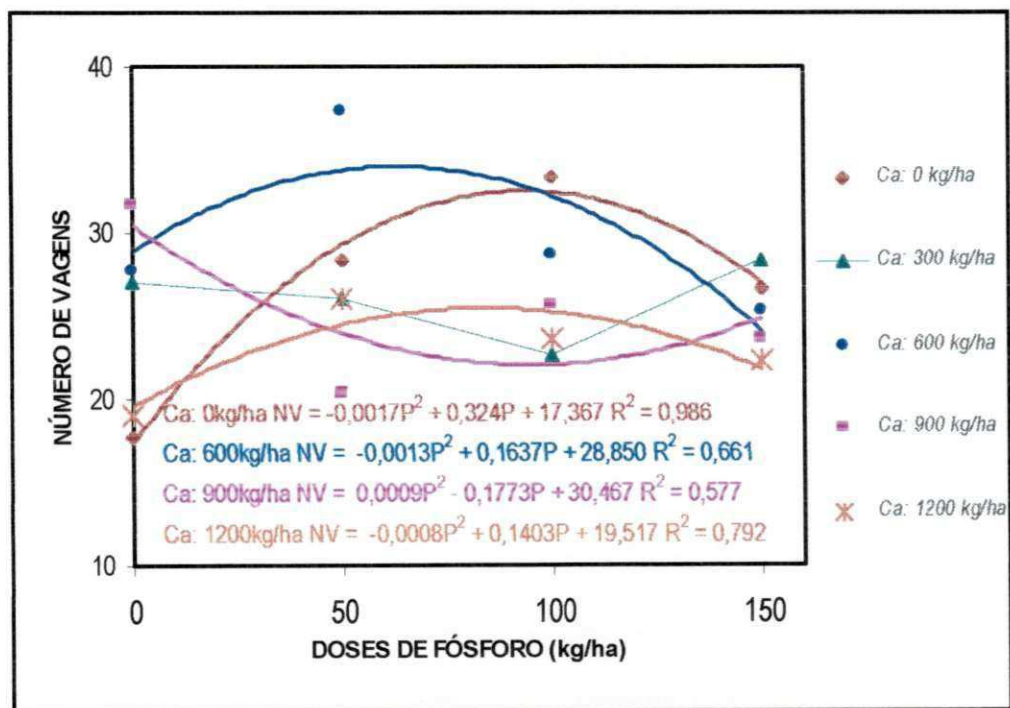


Fig. 4.3-2A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

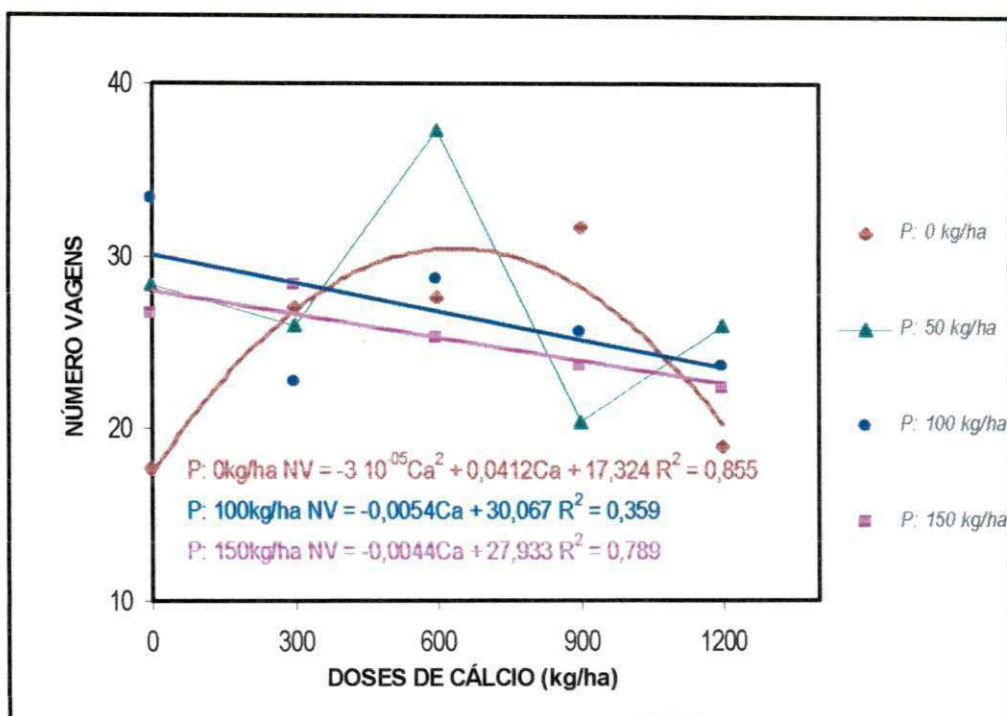


Fig. 4.3-2B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

C – NÚMERO DE VAGENS CHOCHAS

Apesar do número de vagens chochas compor uma daquelas variáveis que tem uma superfície de resposta para sua representação, o coeficiente de regressão obtido não foi superior a 0,50, então usou-se o método de busca de curvas de resposta. As representações de cada conjunto de curvas estão Figura 4.3-3A e 4.3-3B.

Ao contrário das outras variáveis apresentadas, o número de vagens chochas, a dose recomendada será para os valores mínimos. O valor mínimo do NVC é que indica a melhor produtividade. Na Figura 4.3-3A, os valores mínimos de cada curva, considerando estes como pontos críticos ficam indeterminados. Assim, para determinar a dose recomendada foram usadas as curvas das Figuras 4.3-3B. O valor mínimo para esse conjunto de curvas é apresentado pela curva P: 0kg/ha, com a dose de 920,0kg/ha, para o cálcio com cerca de apenas uma vagem chocha. Todavia, a curva conveniente é a P: 150kg/ha que implica em uma dose de 680,0kg/ha de cálcio com um número de vagens

chochas de 1,3. A escolha desta curva é dada por várias razões, como na Figura 4.3-3A, a dose de 150,0kg/ha de fósforo produz números menores de vagens chochas para as curvas de Ca: 0kg/ha e 600kg/ha. Na Figura 4.3.3-2, o intervalo em que a curva de P: 100kg/ha prevalece é maior e esta é a mesma obtida pelo método de superfície de resposta.

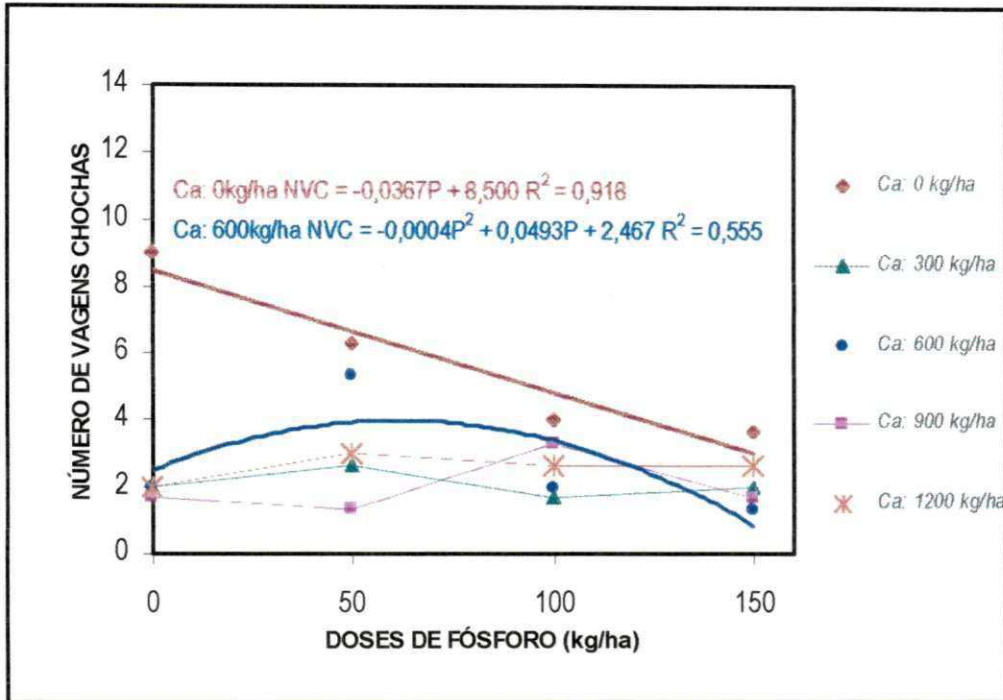


Fig. 4.3-3A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

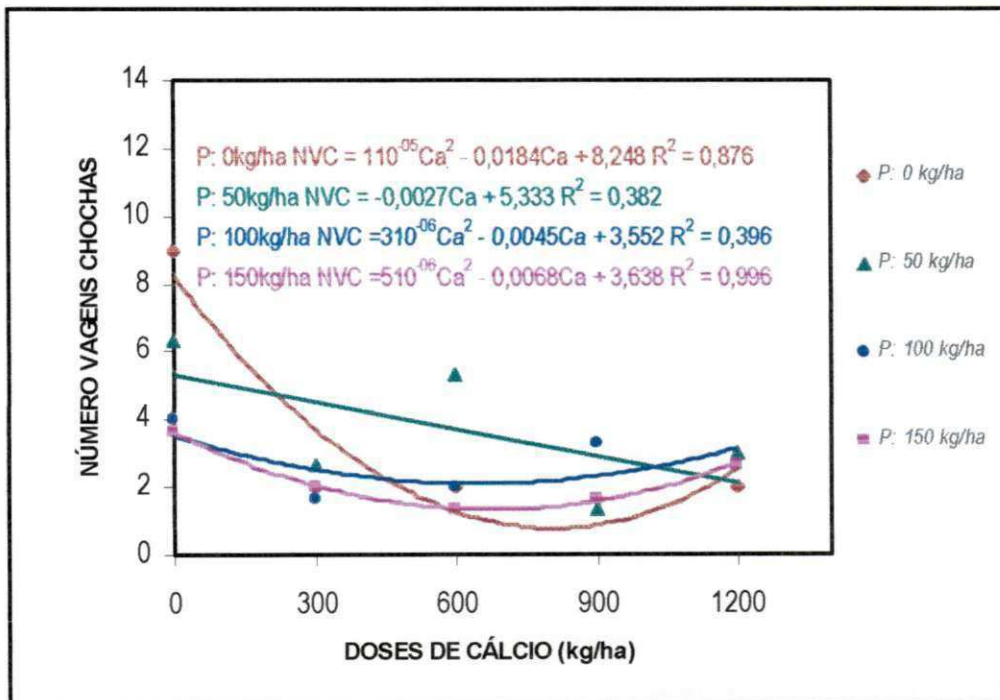


Fig. 4.3-3B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

D – PESO DE SEMENTES

Ao contrário do peso de vagens, o peso de sementes teve uma superfície de resposta ajustada, cuja função é dada por:

$$PS = 11,898 + 5,249 \cdot 10^{-2} P - 3,020 \cdot 10^{-4} P^2 \quad (R^2 = 0,53**), \quad [4.4]$$

em que a dose de fósforo (P) é dada em kg/ha e o peso de sementes (PS) é dado em g.

O que foi denominado de superfície de resposta para o peso de semente nada mais é do que uma curva que depende apenas das doses de fósforo, contrariando o que era esperado da análise de variância. Assim, a dose recomendada de fósforo deve ser de 86,9 kg/ha independente das doses de cálcio, produzindo 14,2g de sementes.

Para mostrar que essa característica apresentada pelo peso de sementes não é um absurdo, têm-se as curvas das Figuras 4.3-4A e 4.3-4B que, respectivamente, são as doses de fósforo dentro de cálcio e as doses de cálcio dentro de fósforo. Embora que na Figura 4.3-4A, observam-se diferenças que, pela análise de variância, são significativas, as curvas tendem a se sobreporem produzindo valores máximos próximos de 86,9 kg/ha de fósforo (embora com algumas pequenas diferenças). Já com relação ao conjunto de curvas da Figura 4.3-4B, observa-se que todas as curvas tendem para uma reta paralela ao eixo das doses de cálcio. O que se pode evidenciar é que as doses de cálcio favorecem a cultura do amendoim, mas não no peso das sementes. O cálcio pode atuar como um estado nutricional de luxo. Se considerar o cálcio com esse requisito nutricional a dose recomendada deve estar entre 300-600kg/ha.

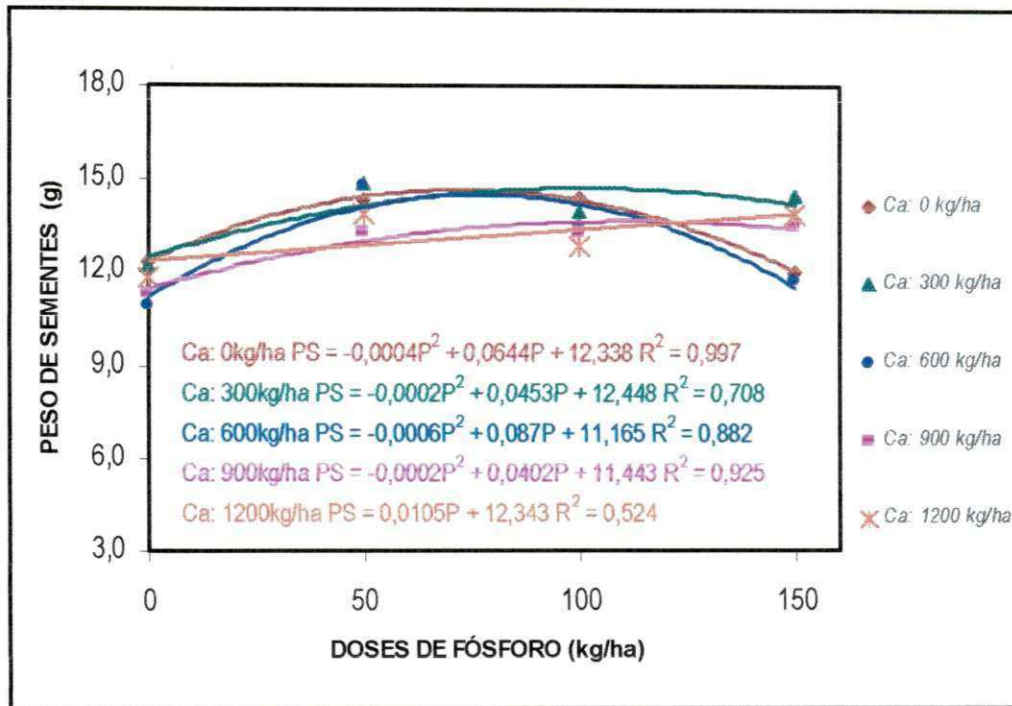


Fig. 4.3-4A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

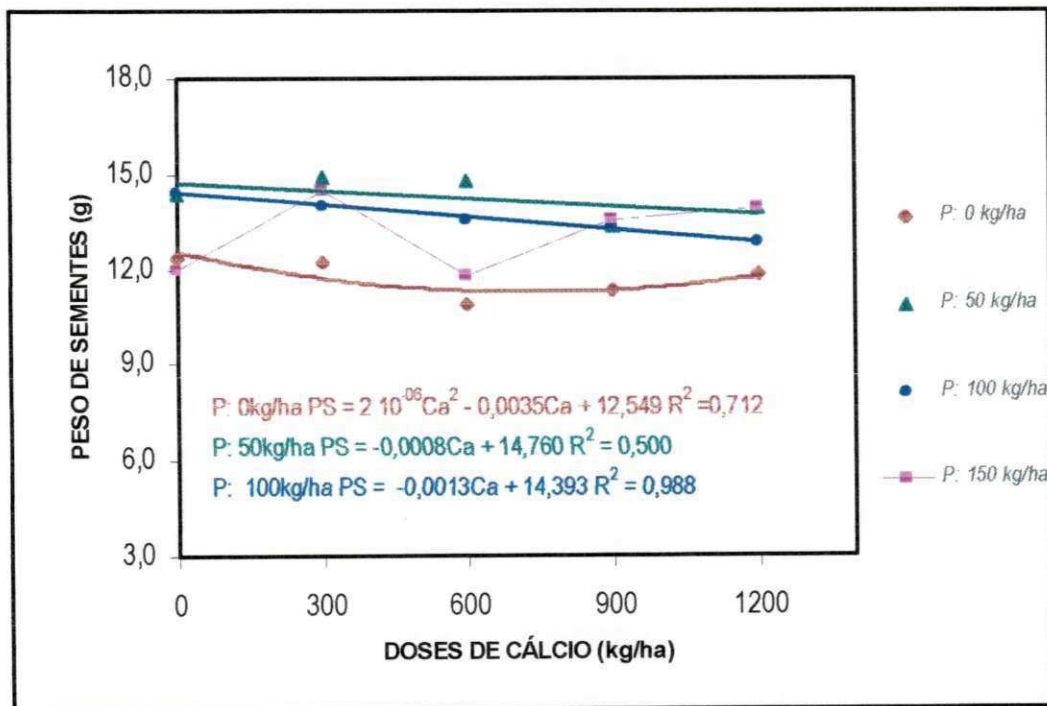


Fig. 4.3-4B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

E – PESO DE SEMENTES PERFEITAS

Da mesma maneira que para o peso de sementes, para o peso de sementes perfeitas o efeito do cálcio embora representativo na função da superfície de resposta, a sua contribuição para a máxima produção parece não influir muito. A superfície de resposta é apresentada na Figura 4.3.5, cuja função é dada por:

$$\text{PSP} = 10,678 + 3,341 \cdot 10^{-4} \text{Ca} + 2,911 \cdot 10^{-7} \text{Ca}^2 + 8,304 \cdot 10^{-2} \text{P} - 5,307 \cdot 10^{-4} \text{P}^2 - 6,444 \cdot 10^{-5} \text{Ca P} + 4,578 \cdot 10^{-7} \text{CP}^2 \quad (R^2 = 0,64^{**}) \quad [4.5]$$

Onde as doses de cálcio (Ca) e fósforo (P) são dadas em kg/ha e o peso de sementes perfeitas (PSP) é dado em g.

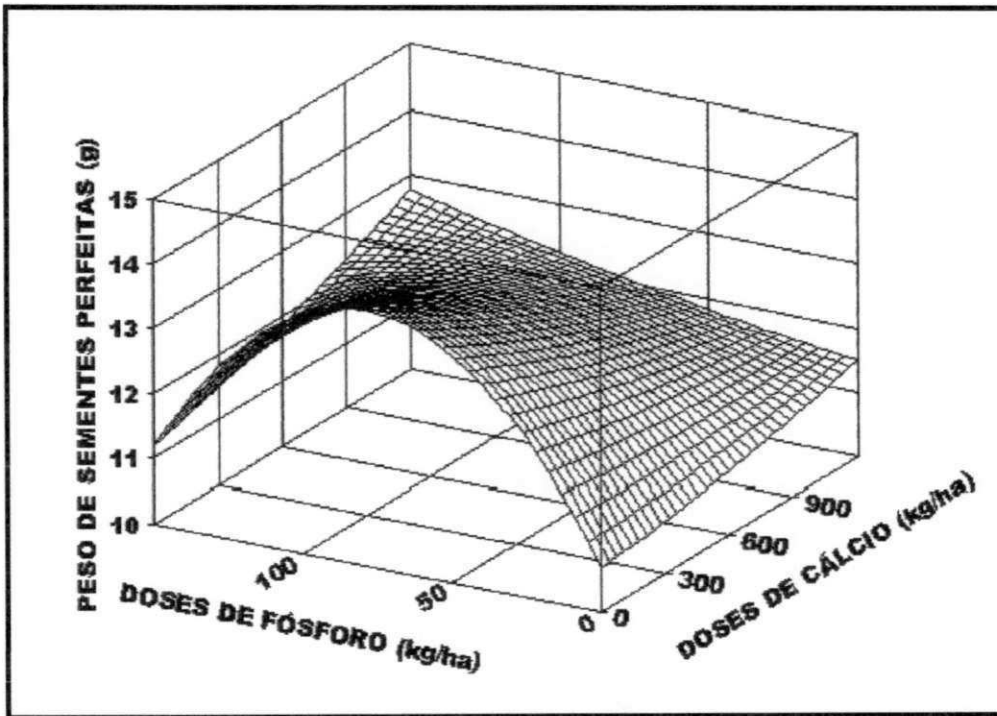


Fig. 4.3-5 – Peso de sementes perfeitas por planta em função das doses de cálcio e fósforo. Superfície de resposta do peso de sementes perfeitas, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Na superfície de resposta observa-se que se $P = \text{constante}$, a dose de cálcio apresentará um mínimo, já que o termo Ca^2 é positivo. Esta função apresentará um máximo

que corresponde à dose nula de cálcio e dose de 78,2 kg/ha que produz um peso de sementes perfeitas de 13,9g. Como o cálcio tenderá a produzir um estado nutricional de luxo, fato comprovado, pelo método de busca recomenda-se que a dose de cálcio seja de 300kg/ha. Para esse valor, a dose de fósforo é 78,2kg/ha e o peso de sementes perfeitas é 13,4g cujo valor é próximo do valor máximo. Da própria superfície de resposta, verifica-se que o aumento das doses de cálcio produz um aumento do peso de sementes perfeitas em algumas regiões (valores de cálcio menores que 300kg/ha) e, em outras, uma diminuição (valores de cálcio acima de 300kg/ha). É visível que acima da dose de 78,2kg/ha o efeito do fósforo passa a ser nocivo.

F – TEOR DE ÓLEO

O teor de óleo apresentou significância apenas para as doses de fósforo, com uma probabilidade de 5% pelo teste F (Tabela 3-1E, Anexos). Não houve diferença significativa para as doses de cálcio, para interação doses de cálcio e doses de fósforo e entre os tratamentos, mas houve entre os blocos com 1% de significância pelo teste F. A Figura 4.3-6 apresenta o teor de óleo em função das doses de fósforo que se ajustou a um modelo linear. Constata-se que o aumento das doses de fósforo favorece uma diminuição, embora não muito grande no teor de óleo, pois a inclinação da reta é pequena. Assim, a adubação fosfatada não apresentou efeitos favoráveis, contrariamente aos trabalhos de Nakagawa et al. (1977a); Walker & Carter (1971) que encontram efeito benéfico.

É concordante com Nakagawa et al. (1980), que não encontrou efeito benéfico. A explicação pode estar no fato que o efeito passa a ser benéfico para o solo de baixa fertilidade, como de Nakagawa et al. (1977a e b); e, no presente, o teor de fósforo não é baixo. Assim, é de supor que, a partir de um determinado nível de fósforo, a sua necessidade de óleo pela cultura é satisfeita. Para evidenciar que solos com baixo teor de fósforo tem-se que a adubação fosfatada tem efeito favorável, Nakagawa et al. (1981) verificou que a dose de 160kg/ha com relação às de 0, 40, 80 e 120 kg/ha foi a que proporcionou um maior aumento do teor de óleo. Entretanto, tem-se que o amendoim produzido no Brasil é um produto tipicamente exportado sendo 80% dele destinado à produção de óleo.

O teor de óleo nos grãos não alterou com a adubação fosfatada no trabalho de Hernandez et al. (1991) e alterou no trabalho de Arora et al. (1970). Esta divergência de resultados é atribuída por Kasai et al. (1998), a mudanças estacionais. Pois, os teores de óleo nos grãos foram diferentes de um ano para outro para os mesmos níveis de fósforo.

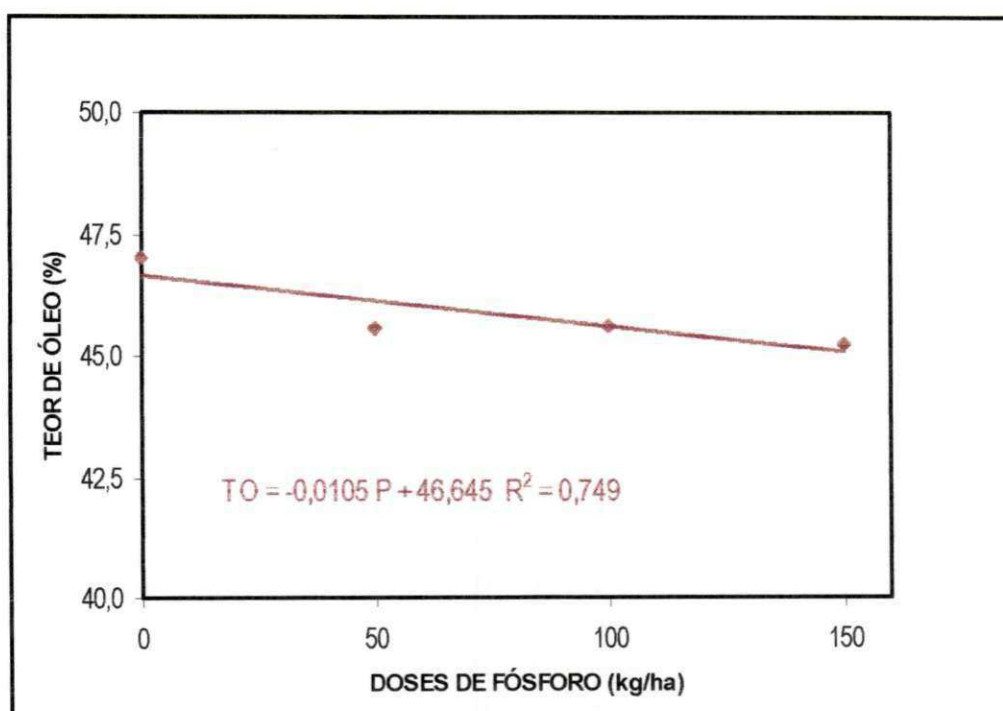


Fig. 4.3-6 – Influência das doses de fósforo no teor de óleo por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

G - DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

Na Tabela 4.3 apresenta as doses de cálcio e fósforo recomendadas, ou seja, de máxima produtividade para cada variável, correspondente ao experimento I. As variáveis peso de vagens por planta (PV), peso de sementes por planta (PS), peso de sementes perfeitas por planta (PSP), número de vagens por planta (NV) e número de vagens chochas por planta (NVC), as doses dos nutrientes minerais cálcio e fósforo que traçam a máxima produção em termos agronômicos, tiveram diferenças, sendo estas mais marcantes para o cálcio.

TABELA 4.3 – Produção das Variáveis com Aplicação Agronômica Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP), Número de Vagens (NV), Número de Vagens Chochas (NVC) e Teor de Óleo (TO) do amendoim, na Ausência da Aplicação, na Aplicação Máxima e na Aplicação Recomendada das Doses de Cálcio e Fósforo (Experimento I), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.

VARIÁVEL	PRODUÇÃO ⁽¹⁾		PRODUÇÃO ⁽²⁾	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		*AUMENTO % NA PRODUÇÃO
	0kg/ha Ca 0kg/ha P	1200kg/ha Ca 150kg/ha P	DOSES RECOMENDADAS	Ca	P	
	PV	15,3g	17,2g	19,6g	300,0	
PS	12,4g	13,9g	14,2g	300,0-600,0	86,9	14,6
PSP	10,6g	13,3g	13,4g	300,0	78,2	25,9
NV	17,7	23,3	31,5	686,7	63,0	78,3
⁽³⁾ NVC	9,0	2,7	1,3	680,0	150,0	85,5
TO	46,7%	45,1%	46,7%	Não exerceu efeito	0	0,0
DOSES MÉDIAS RECOMENDADAS				513	74	

(1) - Valores obtidos através de medições

(2) - Valores determinados através dos efeitos de regressão

(3) - Dose para a produção do menor número de vagens chochas

* - Aumento na produtividade com relação a ausência de aplicação de nutrientes

Para a produção PV, PSP, NV e NVC, houve respostas benéficas com relação às doses de cálcio, em que as duas primeiras variáveis a dose recomendada é de 300kg/ha e as duas últimas a dose deve ser em torno de 600kg/ha, sendo que, para o NVC a dose refere-se ao seu valor mínimo. A exceção está apenas para o PS em que o cálcio não teve uma influência positiva, e para o TO em que não houve resposta significativa do cálcio.

Em todas as variáveis, houve o efeito da adubação fosfatada, cujo valor encontra-se no intervalo de 60 a 90kg/ha, com exceção apenas para o NVC, onde a dose é de 150kg/ha e para o TO em que a dose é de 0kg/ha. Todavia, o TO tem resposta significativa com relação ao fósforo de 5%.

O peso de vagens e o peso de sementes normais tiveram uma influência positiva com relação à adubação cálcica. A razão para isso, segundo Chahal & Virmani (1976) e Skelton & Shear (1971) é que o fornecimento de cálcio facilita a assimilação através dos ginóforos e vagens em desenvolvimento. Talvez, esse fato explique a dose de 680kg/ha, para o menor NVC, em que o valor da dose é alto com a relação às doses da produção propriamente dita (PV, PS e PSP), que certamente indicou, inicialmente, vagens em desenvolvimento. No caso do peso de sementes, de acordo com Walker et al. (1981a), o fornecimento de cálcio previne o abortamento dos óvulos fertilizados. Aqui só houve resposta significativa com relação ao peso de sementes perfeitas (PSP). Todavia, para PS, o cálcio teve sua contribuição como uma nutrição de luxo; se houvesse que definir uma dose a ser recomendada, pelos resultados obtidos, certamente, esta seria de 300kg/ha. O valor da dose para esta variável não foi recomendado devido ao fato de na análise de regressão não haver um comum acordo com relação às Figuras 4.3-4A e 4.3-4B. Segundo Chesney (1975) e Walker et al. (1981a), a deficiência em cálcio tem causado o surgimento de vagens chochas, de cascas frágeis, redução do número de ginóforos e isso talvez explique porque o PS (sementes perfeitas + imperfeitas) não dependa tanto como PV e PSP do cálcio.

Para o número de vagens, tem-se que a dose de cálcio do NV e NVC é quase o dobro das demais variáveis. Daí pode-se enfatizar que o cálcio, o terceiro elemento mais absorvido pela cultura do amendoim, deve ser essencial para que o ginóforo que penetre no solo possa absorver e ocorrer uma boa formação da vagem (Fornasieri et al., 1987). Para que esse desempenhe o seu papel de nutrição na cultura é desejável sua presença na zona de frutificação, com concentrações elevadas (Walker, 1975; Walker et al., 1981a). Essa necessidade dá-se em virtude do cálcio absorvido pelo sistema radicular do amendoim, ser praticamente imóvel no floema, não sendo translocado nem distribuído para os frutos (Skelton & Shear, 1971).

Como o teor de cálcio do solo é considerado alto, talvez esse fato identifique que a dose de 300kg/ha para PV e PSP, a quase não dependência para o PS e a dependência para NV e NVC pela não mobilidade no floema e, atuar fortemente na formação das vagens.

O teor de óleo não apresenta dependência significativa do cálcio, fato já

esperado, pois absorvido pelas raízes não tem quase mobilidade no sistema radicular, não sendo translocado nem redistribuído para os frutos.

Para suprir as exigências de cálcio, a escolha da fonte deve estar de acordo com a quantidade de cálcio existente no solo e o seu pH. Existe uma tendência de ser recomendada a aplicação de gesso (26% CaO, 13% S – garantia mínima) quando o teor de cálcio for baixo e, de calcário quando o pH for baixo (Fornasieri et al., 1987).

O peso de vagens e o peso de sementes (PV, PS e PSP) foram satisfatórios com a aplicação do fósforo em relação aos tratamentos com a ausência de aplicação, em que os valores da quantidade de fósforo para máxima produção são relativamente próximos. Resultados positivos da adubação fosfatada na produção de vagens e sementes foram encontrados por Nakagawa et al. (1973).

Como diagnosticado durante a análise individual de cada variável, doses elevadas, acima de 100kg/ha de fósforo para a produção de vagens e sementes não é benéfica. O solo característico é o Regossolo, cuja quantidade de fósforo é 1,69 mg/dm³, indicando ser um valor razoável.

Doses elevadas de fósforo, no caso do trabalho de Nakagawa et al. (1981), acima de 120kg/ha não foi vantajoso, o solo tinha a característica de 1ppm de fósforo, classificado como podzolizado. Também outros trabalhos encontraram que a utilização de doses elevadas da adubação fosfatada não é vantajosa para a produção de vagens (Acuna & Sanchez, 1969; Nakagawa et al., 1977a e b). Quando a influência do fósforo foi não significativa, como no trabalho de Nakagawa et al. (1980), a explicação está no fato de que o solo tem alto teor de fósforo, devido a uma boa adubação fosfatada no ano anterior.

Entretanto, foi encontrado efeito do adubo fosfatado no peso de vagens como Nakagawa et al. (1973) e Nakagawa et al. (1977 a e b), no número de vagens chochas como Rocha et al. (1965) e Nakagawa et al. (1973). Assim, segundo Nakagawa et al. (1980), o solo deve ser favorável, particularmente, em solo de baixa fertilidade.

As representações esquemáticas das vagens (total de cinco) correspondentes a cada tratamento estão exibidas na Figura 4.3-7. O que se pode identificar com estes

esquemas é que adubação teve efeitos favoráveis com relação aos tratamentos que houve a ausência da aplicação de cálcio ou fósforo e o tratamento que houve ausência de ambos.


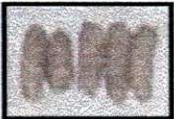

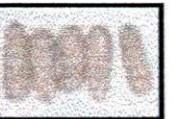

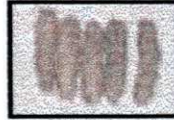



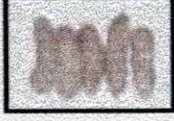
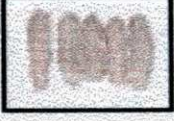
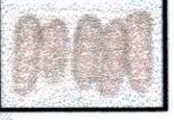

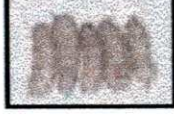




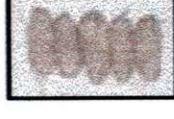

DOSES (kg/ha)				
CÁLCIO	FÓSFORO			
	0	50	100	150
0				
300				
600				
900				
1200				

Figura 4.3-7 – Aspecto Visual das Vagens devido aos Efeitos das Doses de Cálcio e Fósforo, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

EXPERIMENTO II

Na caracterização das variáveis agronômicas do experimento II de acordo com os dados da análise de variância (Tabela 1-2E, Anexos) verificam-se respostas significativas dos fatores isolados e da interação das doses de cálcio e das doses de fósforo para as variáveis PV, PS, PSP, NV e NVC. Ao contrário das variáveis do experimento I, nas variáveis do experimento II não houve nenhuma superfície de resposta representativa ajustada com as variáveis independentes (doses de cálcio e de fósforo). Sendo, então, utilizado o método de busca de curvas de respostas das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo e das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio.

A – PESO DE VAGENS

O conjunto de curvas para a variável peso de vagens estão apresentadas nas Figuras 4.3-8A e 4.3-8B. Na análise da influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio, a curva de máxima produção é a de Ca: 900kg/ha correspondendo a uma dose de fósforo de 104,2kg/ha com o peso de vagens de 18,1g. A curva Ca: 600kg/ha foi excluída devido ao valor da dose de fósforo não está no domínio das doses estudadas. Já na análise das doses de cálcio dentro das de fósforo tem-se a curva P: 150kg/ha apresentam maiores valores para o peso de vagens, correspondendo a uma dose de 613,7kg/ha de cálcio para o máximo peso de vagens de 18,4g.

Entre o conjunto de curvas (Figuras 4.3-8A e Fig. 4.3-8B), as doses de cálcio parecem não influírem de maneira considerável, pois as curvas da Figura 4.3-8A quase que se sobrepõem e as da Figura 4.3-8B são quase paralelas. Apesar desse comportamento, a dose recomendada será 613,7kg/ha para o cálcio e 150kg/ha para o fósforo correspondendo a 18,4g para o peso de vagens.

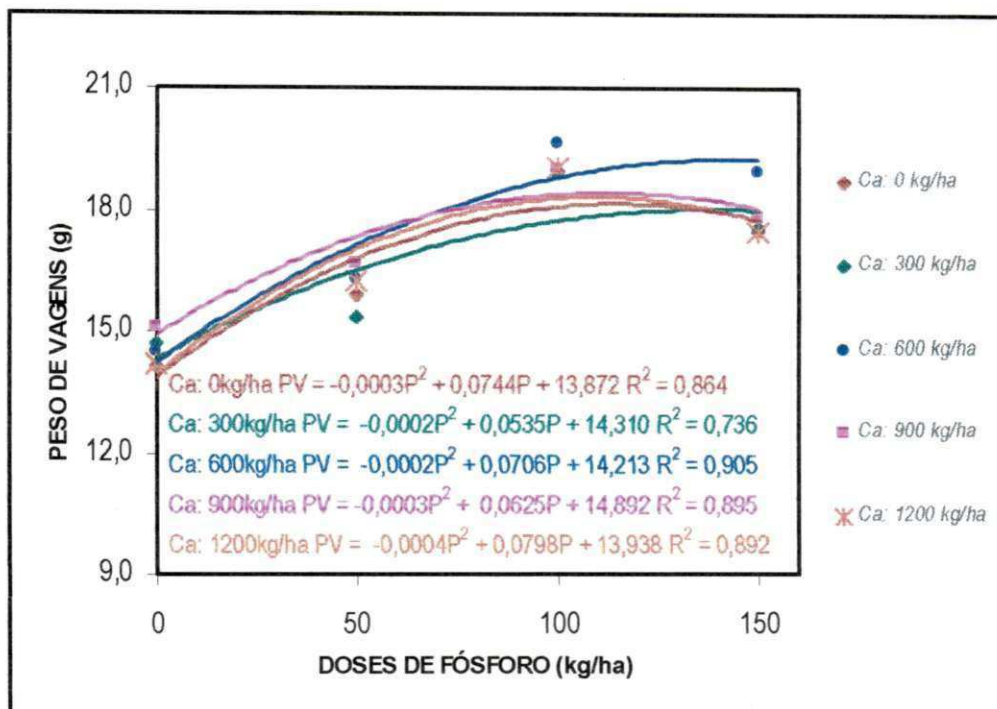


Fig. 4.3-8A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

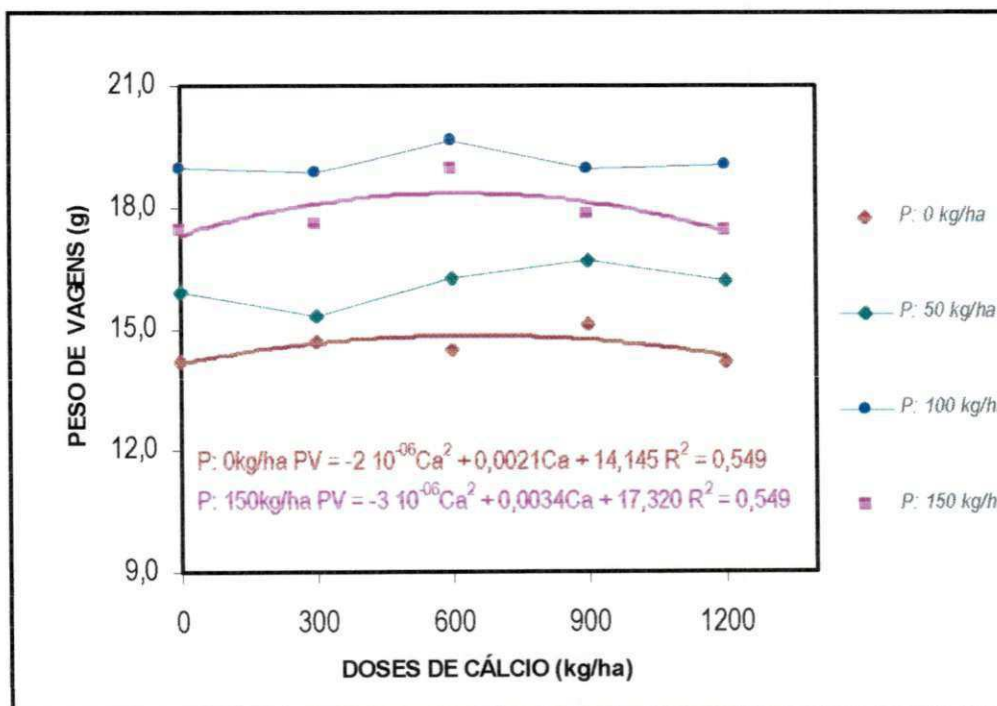


Fig. 4.3-8B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

B – NÚMERO DE VAGENS

Para o número de vagens têm-se as Figuras 4.3-9A e 4.3-9B cujas curvas Ca:1200kg/ha e P: 100kg/ha são as de máxima produção na avaliação da influência das doses de cálcio dentro das doses de fósforo, respectivamente. A curva Ca: 1200kg/ha corresponde à dose de fósforo de 135,4kg/ha com o máximo número de vagens de 20,3 e a curva P: 100kg/ha corresponde a uma dose de 1133,0kg/ha de cálcio para um número de vagens de 20,3. Dentre os máximos de cada conjunto de curvas, tem-se que as doses recomendadas serão de 1133,0kg/ha de cálcio e 100kg/ha de fósforo correspondendo a um número de 20,3 por planta.

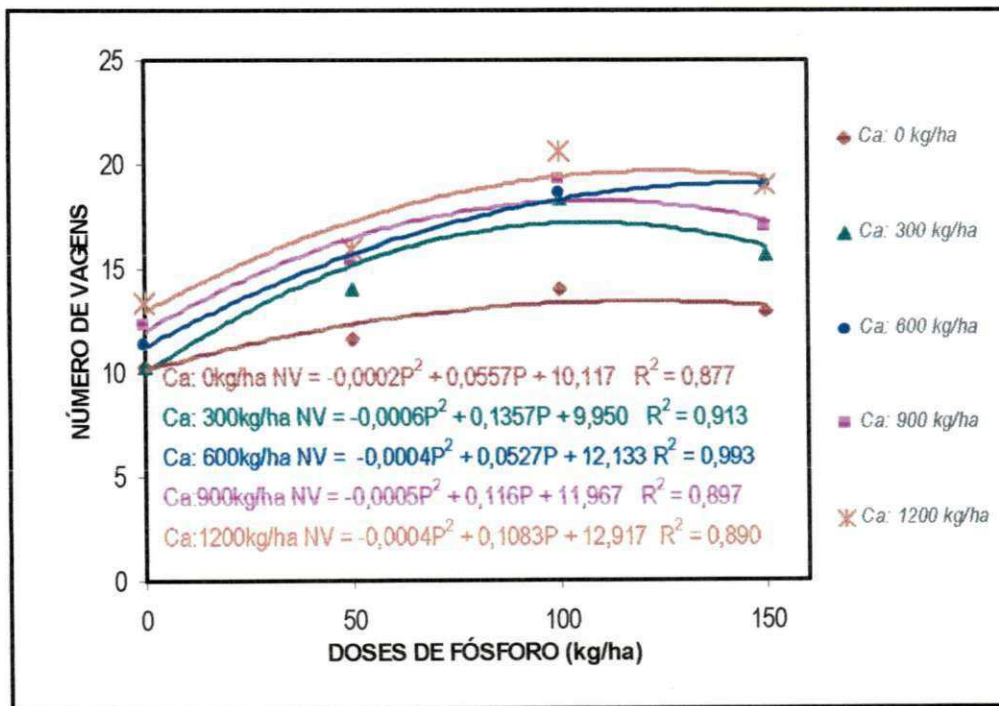


Fig. 4.3-9A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

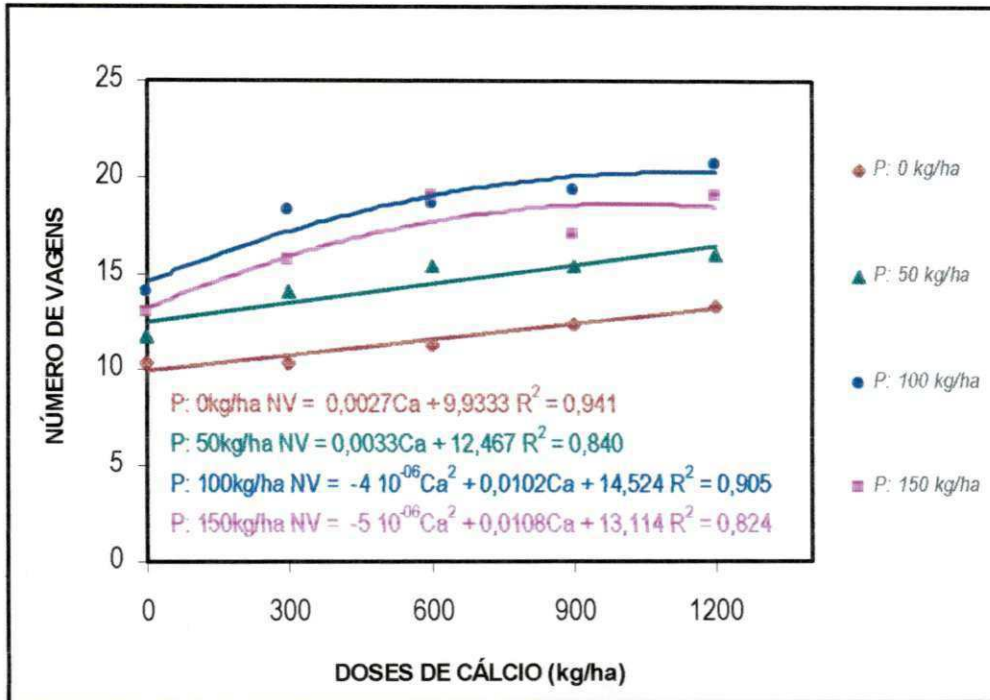


Fig. 4.3-9B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

C – NÚMERO DE VAGENS CHOCHAS

O número de vagens chochas tem o conjunto de curvas das Figuras 4.3-10A e 4.3-10B. As determinações dos valores mínimos são dadas pelas curvas Ca: 300kg/ha e P: 100kg/ha, correspondentes à influência das doses de fósforo dentro das de cálcio e a influência das doses de cálcio dentro das de fósforo, respectivamente. A curva Ca: 300kg/ha corresponde a dose de fósforo de 98,3kg/ha com um NVC de 0,6 e a curva de P: 100kg/ha corresponde a uma dose de 650kg/ha de cálcio e um número de vagens chochas de 0,7. Assim, os valores mínimos na produção para o NVC correspondem as doses de 300kg/ha de cálcio e 98,3kg/ha de fósforo para 0,6 do NVC.

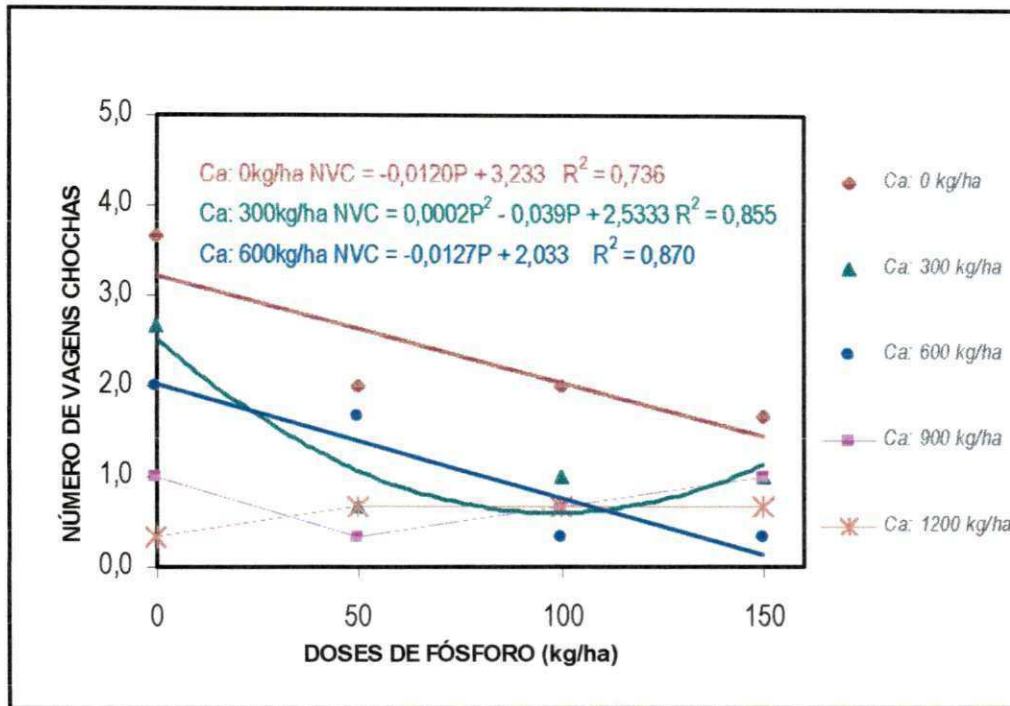


Fig. 4.3-10A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

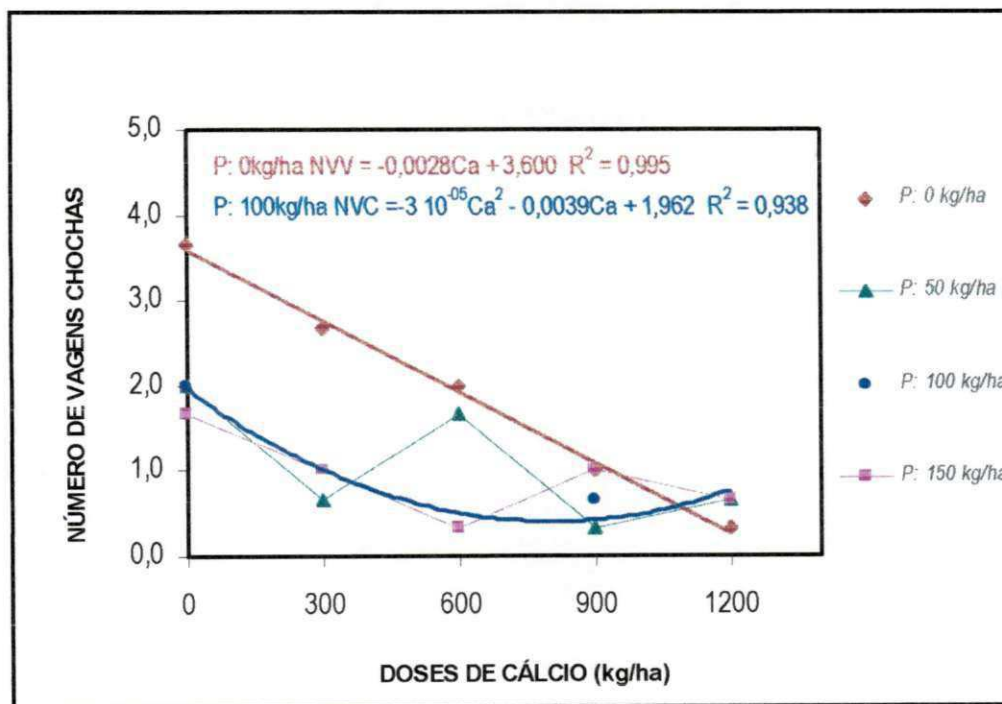


Fig. 4.3-10B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no número de vagens chochas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

D – PESO DE SEMENTES

Os conjuntos de curvas para o peso de sementes estão apresentados nas Figuras 4.3-11A e 4.3-11B. Para cada conjunto de curvas tem-se a seleção das curvas Ca:1200kg/ha, correspondendo a uma dose de fósforo de 136,5kg/ha com PS de 15,3g e P: 50kg/ha correspondendo a uma dose de 729,2kg/ha de cálcio com PS de 12,9g. Assim, as doses a serem recomendadas são 1200kg/ha e 136,5kg/ha para o cálcio e fósforo, respectivamente, correspondendo a 15,3g para o peso de sementes por planta.

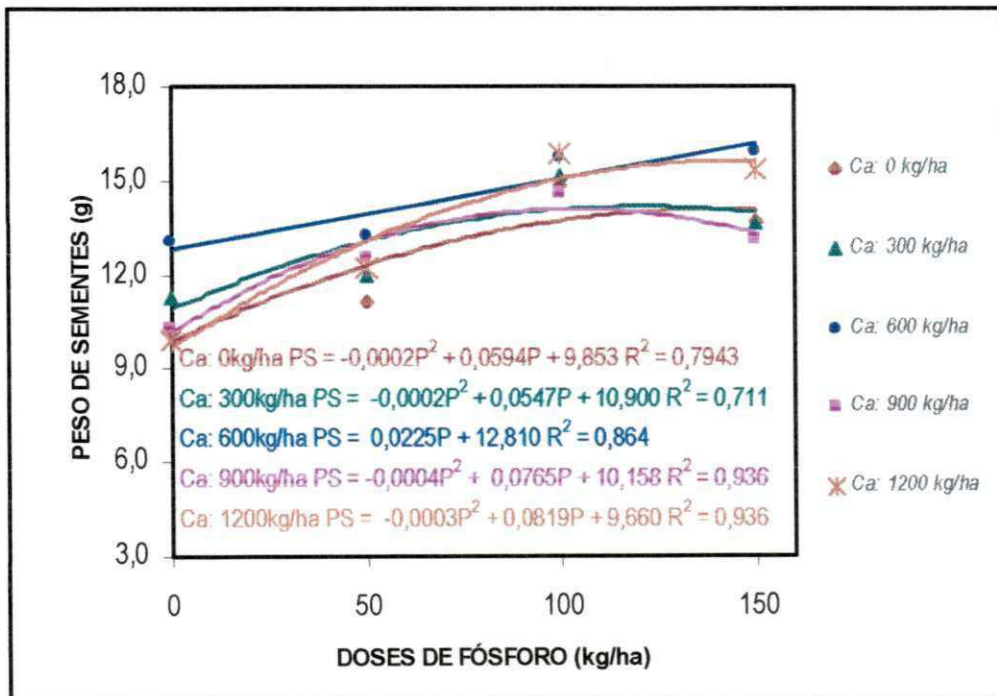


Fig. 4.3-11A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

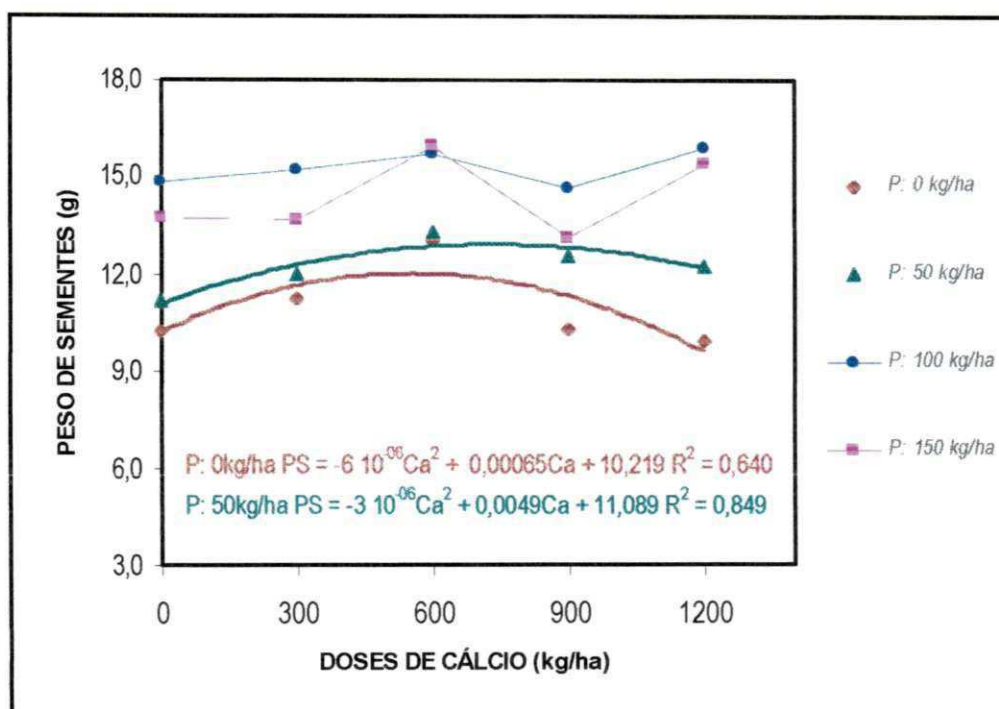


Fig. 4.3-11B – Influência das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de sementes por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

E – PESO DE SEMENTES PERFEITAS

Para o peso de sementes perfeitas, têm-se as Figuras 4.3-12A e 4.3-12B, em que as curvas selecionadas com valores máximos são Ca: 1200kg/ha e P:50kg/ha, respectivamente. A curva Ca: 1200kg/ha corresponde a uma dose de fósforo de 138,2kg/ha e um PSP de 15,2g e a curva P: 50kg/ha corresponde a uma dose de 707,8kg/ha e um PSP de 13,3g. Entre estas curvas, tem-se que as doses recomendadas de cálcio e fósforo são 1200kg/ha e 138,2kg/ha, respectivamente, com um PSP de 15,2g.

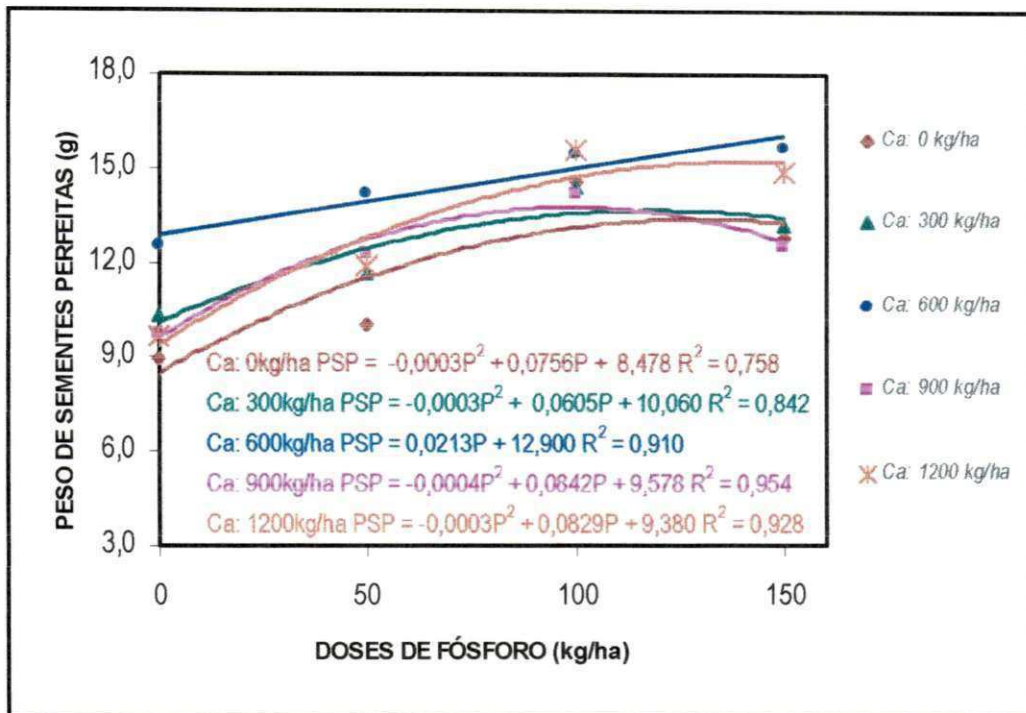


Fig. 4.3-12A – Influência das doses de fósforo para cada dose de cálcio no peso de sementes perfeitas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

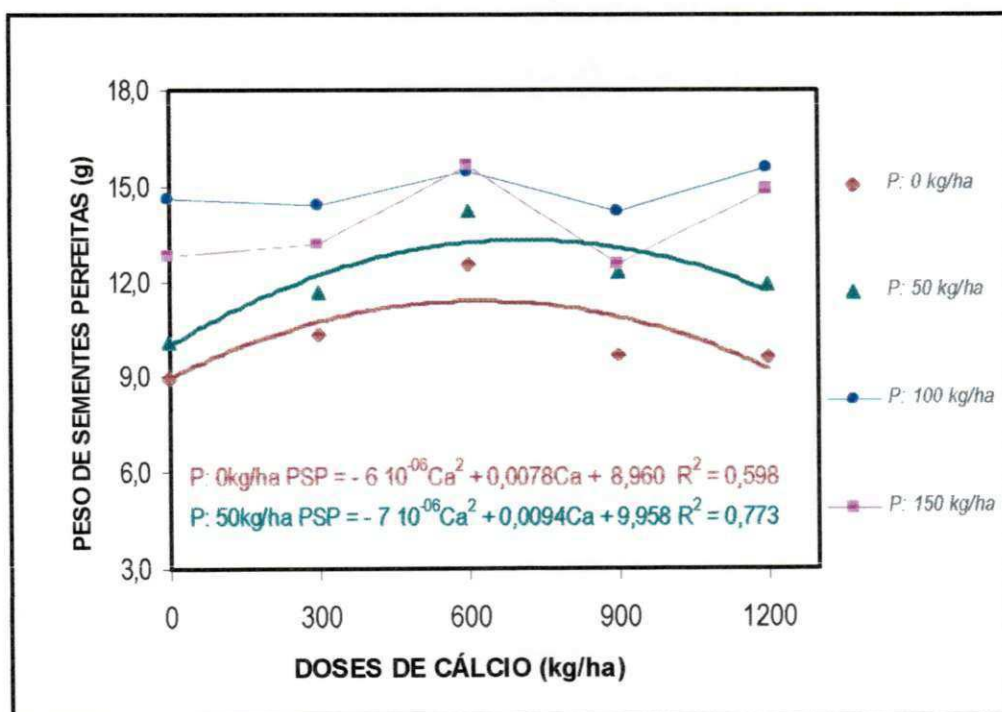


Fig. 4.3-12B – Influência em função das doses de cálcio para cada dose de fósforo no peso de sementes perfeitas por planta, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

F – EFEITO RESIDUAL

As variáveis usadas para determinação do efeito residual são as agronômicas (PV, NV, NVC, PS e PSP) e as de desenvolvimento (FITAR e FITTOTAL). O uso destas variáveis deve-se ao fato de serem as variáveis que foram tanto analisadas no experimento I (ciclo I) como no experimento II (ciclo II), com o uso do mesmo material do solo.

As equações de regressões usadas para determinar o efeito residual (fator h) estão exibidas na Tabela 4.4. Entretanto, existem variáveis em que não foi possível a determinação do fator h, pois as equações de regressões não podem mudar de aspecto. Por exemplo, se a equação for um polinômio do 2º grau no primeiro experimento para o peso de vagens deverá ser também no segundo experimento. A preferência dada será as curvas de máxima produção e, quando não for possível usá-las, procura-se aquelas com o mesmo aspecto em ambos os experimentos. Este procedimento foi usado tanto para as curvas de respostas do nutriente cálcio como para do fósforo. A procura de curvas com o mesmo aspecto para a avaliação do efeito residual deve-se ao fato de que curvas com aspectos diferentes evidenciam não serem confiáveis (Pimentel Gomes & Conagin, 1987).

Na Tabela 4.4 apresentam-se todas as variáveis para determinação do fator h, correspondente os experimentos I e II, tanto para o nutriente cálcio como para o fósforo. Também apresenta, as equações correspondentes a cada variável juntamente com o fator h. Daí, por média aritmética determina-se o fator h de 0,151 para o fósforo e 0,050 para o cálcio.

TABELA 4.4 – Determinação do Efeito Residual (Fator h) para os Nutrientes Cálcio e Fósforo, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

VARIÁVEL	CURVAS DE RESPOSTAS				EFEITO RESIDUAL (FATOR h)	
	EXPERIMENTO I		EXPERIMENTO II		FÓSFORO	CÁLCIO
	Curvas de Cálcio	Curvas de Fósforo	Curvas de Cálcio	Curvas de Fósforo		
	Efeito do Fósforo	Efeito do Cálcio	Efeito do Fósforo	Efeito do Cálcio		
PV	$PV = -0,0009P^2 + 0,1210P + 15,502$	INDETERMINADO	$PV = -0,0002 P^2 + 0,0535 P + 14,31$	INDETERMINADO	0,1405	*****
NV	$NV = -0,0013P^2 + 0,1637P + 25,850$	INDETERMINADO	$NV = -0,0004 P^2 + 0,0527 P + 11,133$	INDETERMINADO	0,1226	*****
NVC	$NVC = -0,0367P + 8,500$	$NVC = 3,020 10^{-6} Ca^2 - 0,0045 Ca + 3,5524$	$NVC = -0,0120 P + 3,233$	$NVC = 3,00 10^{-6} Ca^2 - 0,0039 Ca + 1,962$	*****	0,0436
PS	$PS = -3,020 10^{-4} P^2 + 5,249 10^{-2} P + 11,898$	INDETERMINADO	$PS = -0,0003 P^2 + 0,0819 P + 9,660$	INDETERMINADO	0,1622	*****
PSP	$PSP = -5,307 10^{-4} P^2 + 8,304 10^{-2} P + 10,678$	INDETERMINADO	$PSP = -0,0003 P^2 + 0,0756 P + 8,478$	INDETERMINADO	0,1596	*****
FITAR	$FITAR = -0,0005 P^2 + 0,0888P + 8,4716$	$FITAR = -3,00 10^{-6} Ca^2 + 0,0041 Ca + 9,8733$	$FITAR = -0,0003 P^2 + 0,0665 P + 9,390$	$FITAR = -6,0 10^{-6} Ca^2 + 0,0073 Ca + 10,7350$	0,1561	0,0567
FITTOTAL	$FITTOTAL = -0,0007 P^2 + 0,1135 P + 25,107$	INDETERMINADO	$FITTOTAL = -0,0005 P^2 + 0,0968 P + 24,455$	INDETERMINADO	0,1671	*****
EFEITO RESIDUAL MÉDIO DO NUTRIENTE					0,151	0,050

G – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

As doses recomendadas para cada variável, correspondentes a máxima produtividade são apresentadas na Tabela 4.5. Vale salientar, que estas doses dizem respeito ao efeito residual do solo no segundo ciclo (experimento II).

TABELA 4.5 - Produção das Variáveis Agronômicas Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP), Número de Vagens (NV) e Número de Vagens Chochas (NVC) na Ausência da Aplicação, na Aplicação Máxima e na Aplicação Recomendada das Doses de Cálcio e Fósforo no Segundo Ciclo da Cultura do Amendoim, com o mesmo Material do Solo do Experimento I (Experimento II), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.

VARIÁVEL	PRODUÇÃO ⁽¹⁾		PRODUÇÃO ⁽²⁾	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		*AUMENTO % NA PRODUÇÃO
	0 kg/ha Ca	1200 kg/ha Ca		DOSES RECOMENDADAS		
	0 kg/ha P	150 kg/ha P	Ca	P		
PV	14,2g	17,5g	18,4g	613,7	150,0	29,6
PS	10,2g	15,4g	15,3g	1200,0	136,5	49,1
PSP	9,00g	14,9g	15,1g	1200,0	138,2	68,50
NV	10,3	19,0	20,3	1133,0	100,0	97,1
⁽³⁾ NVC	2,2	1,3	0,60	300,0	98,3	72,7
DOSES MÉDIAS RECOMENDADAS				889,3	124,6	

(1) - Valores obtidos através de medições

(2) - Valores determinados através das equações de regressão

(3) - Dose para a produção do menor número de vagens chochas

* - Aumento na produtividade com relação a ausência de aplicação de nutrientes

O que se pode argumentar na comparação das variáveis da Tabela 4.5 é que mesmo com o efeito residual, tem-se um percentual razoável na produtividade quando se faz o uso da técnica da adubação. Entretanto, tem-se que os valores de produção diminuem bastante quando se executa o segundo ciclo da cultura sem a reposição de nutrientes. Este fato é mais bem identificado quando se observa os dados da Tabela 4.6, em que se faz uma comparação entre os experimentos I e II. Todavia, o fator h usados para os cálculos dos

teores dos nutrientes fósforo e cálcio são os valores médio, ou sejam, 0,151 e 0,050, respectivamente.

TABELA 4.6 – Avaliação do Efeito Residual para as Variáveis Agronômicas, Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP), Número de Vagens (NV) e Número de Vagens Chochas (NVC) do amendoim, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2002-2003.

VARIÁVEL	EXPERIMENTO I			EXPERIMENTO II			EFEITO RESIDUAL	
	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		PRODUÇÃO	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		PRODUÇÃO	(DOSE hX)	
	Ca	P		Ca (kg/ha)	P (kg/ha)		Ca (kg/ha)	P (kg/ha)
PV	300,0	67,2	19,6g	613,7	150,0	18,4g	15,0	10,2
*PS	300,0-600,0	86,9	14,2g	1200,0	136,5	15,3g	15,0-30,0	13,1
PSP	300,0	78,2	13,4g	1200,0	138,2	15,1g	15,0	11,8
NV	686,7	63,0	31,5	1133,0	100,0	20,3	34,3	9,5
NVC	680,0	150,0	1,3	300,0	98,3	0,6	34,0	22,7

* As doses recomendadas estão em um intervalo, pois as curvas Ca: 300 e 600kg/ha quase se sobrepõem.

Considerando os valores para a máxima produção no efeito residual, as doses recomendadas praticamente dobraram e, além disso, os valores de produção foram praticamente os mesmos, exceção apenas para o número de vagens e o número de vagens chochas.

Quanto ao efeito residual dos nutrientes cálcio e fósforo, tem-se que as doses de 300kg/ha de cálcio e 67,2 kg/ha de fósforo no primeiro ciclo (experimento I) após o segundo ciclo (experimento II) produzirá o equivalente as doses de 15,0kg/ha de cálcio e 18,2kg/ha de fósforo no primeiro ciclo (experimento I). O que se pode constatar é que os efeitos residuais dos nutrientes foram baixos, principalmente do nutriente cálcio.

Para Caires & Rosolem (1998), uma das funções primárias do cálcio na nutrição do amendoim é auxiliar no maior desenvolvimento dos grãos, sendo os resultados positivos mais evidentes em solos com baixo teor. O efeito residual foi favorável para a

produção de grãos com relação à cultura anterior, em que a produção em casca foi maior. Pode-se constatar que o número de sementes por vagens foi maior no efeito residual. Porém, os teores tanto do cálcio como do fósforo dobraram com relação ao primeiro.

O uso de gesso revela o aumento do teor de alumínio na análise de solo, que não foi o caso desse experimento. Embora, isso seja verdade, Pavan (1986) coloca que a análise de solo quantifica o alumínio total, e se houver uma revelação de maior teor de alumínio trocável, a maior parte deste está com $AlSO_4^-$ não tóxico, que pode ser perdido por lixiviação. Para o caso deste trabalho houve a sua eliminação pelo menos, nas camadas superficiais, e particularmente no efeito residual. Talvez, isso explique o valor de 0,050 para o fator h do cálcio, pois o $CaSO_4^0$ pode ser retido por lixiviação.

A retenção de cálcio pelo solo é menor naqueles solos de textura grossa, mesmo com adição da matéria orgânica, que aumenta a quantidade de cálcio trocável, tem-se que a camada superficial pode estar tornando mais ácida que as camadas inferiores pelo processo de lixiviação. Talvez, esse fato possa explicar o valor baixo do fator h do cálcio.

Todavia, o conteúdo em relação as quantidades e tipos dos outros íons presentes no solo é de extrema importância (grau de saturação no solo). Em outras palavras, um solo arenoso com determinado conteúdo de cálcio, apresenta maior disponibilidade de cálcio as plantas do que um solo argiloso. Também dentro de condições do mesmo tipo de solo e conteúdo de cálcio, o maior conteúdo de matéria orgânica, diminui a disponibilidade de cálcio. Há possibilidade de que a matéria orgânica adicionada a cada tratamento e o grau de saturação com relação aos demais nutrientes, disponibilizou menor quantidade de cálcio as plantas.

Para o fósforo, tem-se que uma pequena percentagem adicionada como fertilizante é removida pelas plantas. Segundo Millar (1955) citado por Abrão & Grimm (1975), somente 5 a 15% do fósforo adicionado é aproveitado pelo primeiro cultivo. Os vegetais recuperam 12,3% no primeiro ano, 8,9% no segundo ano e 7,1% no terceiro ano, totalizando uma recuperação de 28,3% de fósforo adicionado.

Várias reações ocorrem no processo de retenção do fósforo no solo. A reação inicial parece ser mais rápida, dando resultado o fósforo adsorvido. A reação seguinte é mais lenta, acarretando a precipitação do elemento sob a forma de fosfato de cálcio,

alumínio e ferro. Entretanto, os resultados obtidos por Machado apud Abrão & Grimm (1975) encontraram efeito residual quase nulo do fósforo. Pode-se dizer que o baixo fator h obtido deve-se a própria natureza reativa dos adubos fosfatados com a ausência da calagem. Também se tem que a elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez de Al e pode alterar a disponibilidade de nutrientes no solo (Miranda & Miranda, 2000). De modo geral, o pH do solo que proporciona maior disponibilidade de fósforo está entre 6,0 e 6,5. Por isso, espera-se um efeito residual maior que o obtido.

Segundo Moreira et al. (2003), o adubo fosfatado adicionado ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação, pode ter um efeito residual nos cultivos subseqüentes e, além do tipo de cultura, vários fatores tais como: doses e fontes, métodos de aplicação, manejo, temperatura, tipo de solo, tempo de aplicação e umidade do solo podem interferir.

Diante do exposto para o efeito residual, destaca-se a importância da rotação de cultura para promoção de benefícios e de proteção do solo. Assim, espécies com o sistema radicular profundo (pivotante) podem retirar nutrientes das camadas subsuperficiais e liberá-los gradualmente nas camadas superficiais durante o processo de decomposição (Silva & Rosolem, 2001).

EXPERIMENTO III

A – PESO DE SEMENTES, PESO DE SEMENTES PERFEITAS, PESO DE VAGENS E NÚMERO DE VAGENS

O experimento III foi executado com três doses de cálcio e cinco doses de fósforo, com quatro repetições. Por isso, tem-se que para as doses de cálcio o único efeito de regressão é linear. Entretanto, as doses de cálcio estão bem definidas nos experimentos I e II. As doses de fósforo são as que parecem deixar dúvidas nas análises dos experimentos I e II, principalmente nas avaliações do efeito residual; motivo pelo qual executou-se o experimento III.

A análise de variância das variáveis agronômicas do experimento III está apresentada na Tabela 1-3E (Anexos). Nesta análise observa-se que a interação das doses de cálcio e das doses de fósforo para a maioria das variáveis estudadas não foi significativa, exceção apenas para o número de vagens. Então, parece que a interação passa a ser significativa quando as doses de cálcio são superiores a 600kg/ha. Por todos esses motivos para o estudo das doses de cálcio e das doses de fósforo foram usadas representações gráficas para cada uma das variáveis.

Os comportamentos das variáveis agronômicas, em função das doses de cálcio e de fósforo estão exibidos nas Figuras 4.3-13A e 4.3-13B, respectivamente. Para as variáveis PS, PSP, PV e NV têm-se as doses de cálcio acima de 600kg/ha, evidenciando ser o limite superior (cujos valores estão determinados nos experimentos I e II); e, para as doses de fósforo têm os valores de 134,6kg/ha, 156,0kg/ha, 92,0kg/ha e 118,3kg/ha, correspondendo respectivamente aos valores máximos cada de 22,6g, 21,9g, 30,0g e 30,6 para PS, PSP, PV e NV.

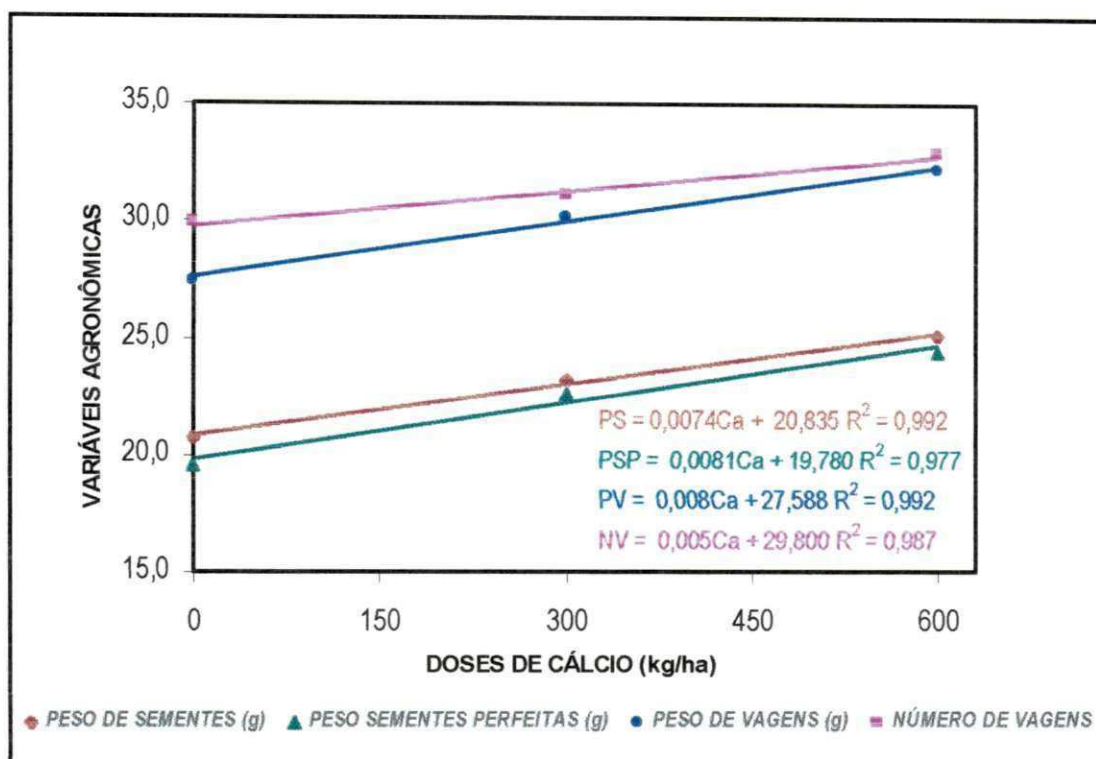


Fig. 4.3-13A – Influência das doses de cálcio nas variáveis agrônômicas PS, PSP, PV e NV (por planta) em função das doses de cálcio, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

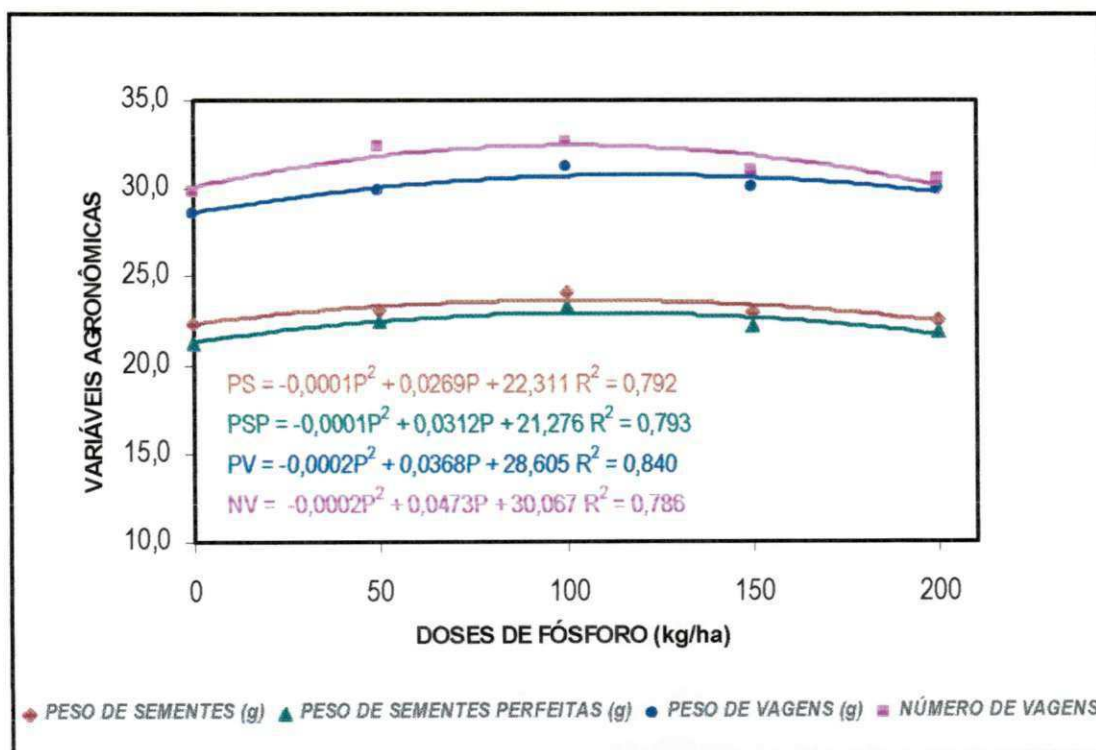


Fig. 4.3-13B – Influência das doses de fósforo nas variáveis agrônômicas PS, PSP, PV e NV (por planta) em função das doses de fósforo, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

B – DISCUSSÕES GERAIS DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

Na Tabela 4.7 apresenta os valores das variáveis agronômicas correspondentes ao experimento III. Nota-se que houve algumas alterações para as variáveis agronômicas com relação ao experimento I, principalmente para o PSP. Embora, que mesmo com estas variações a dose média recomendada de 125,0kg/ha para a dose de fósforo está dentro do patamar do experimento I. A execução do experimento III foi no sentido de determinar a dose a ser recomendada de fósforo, pois a dose determinada no experimento I não foi muito convincente, principalmente na análise do efeito residual. Assim, diante dos experimentos executados têm-se que as doses a serem recomendadas são de 600kg/ha para o cálcio e 100kg/ha para o fósforo.

TABELA 4.7 - Produção das Variáveis Agronômicas Peso de Vagens (PV), Peso de Sementes (PS), Peso de Sementes Perfeitas (PSP) e Número de Vagens (NV) do amendoim, na Ausência da Aplicação, na Aplicação Máxima e na Aplicação Recomendada das Doses de Cálcio e Fósforo (Experimento III), em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande-PB, 2003.

VARIÁVEL	PRODUÇÃO ⁽¹⁾		PRODUÇÃO ⁽²⁾	DOSES RECOMENDADAS (kg/ha)		*AUMENTO % NA PRODUÇÃO
	0 kg/ha Ca 0 kg/ha P	200 kg/ha P	DOSES	Ca	P	
	PV	25,8g	30,0g	30,3g	*****	
PS	19,7g	22,6g	24,1g	*****	134,6	22,3
PSP	18,0g	21,9g	23,1g	*****	156,0	28,3
NV	28	30,6	32,9	*****	118,3	17,5
DOSE MÉDIA RECOMENDADA				*****	125,2	

(1) - Valores obtidos através de medições

(2) - Valores determinados através das equações de regressão

* - Aumento na produtividade com relação a ausência de aplicação de nutrientes

4.4 – VARIÁVEIS DA ANÁLISE FOLIAR

EXPERIMENTO I

De acordo com a análise de variância dos teores de vários nutrientes das folhas do amendoim (Tabela 12-1E, Anexos) da análise foliar, verificou-se efeito significativo dos fatores isolados e da interação doses de cálcio e doses de fósforo para os teores percentuais dos nutrientes fósforo, potássio e magnésio nas folhas de amendoim. Com relação aos teores percentuais dos nutrientes cálcio e nitrogênio nas folhas do amendoim houve resposta significativa para os fatores isolados. Sendo que para os teores percentuais de potássio e magnésio as doses de cálcio incorporadas ao solo não exerceram efeitos significativos.

Para o desdobramento da interação das doses de cálcio e das doses de fósforo, na análise de variância para o fósforo, potássio e magnésio apresentarem alguns efeitos de regressão polinomial significativos, porém estes não foram levados em consideração devido aos coeficientes de regressão serem menores que 0,50 (Tabela 12-1E, Anexos). Assim optou-se pela comparação de médias dos tratamentos através do teste de Tukey (Tabela 4.8). Para o caso dos teores percentuais dos nutrientes cálcio e nitrogênio, mesmo com a existência de efeitos significativos na análise de variância da regressão para os efeitos isolados, os coeficientes de regressão foram baixos, optando-se também pelo uso de comparação de média através do teste de Tukey (Tabela 4.9). Provavelmente, a ausência dessas correlações seja a época de amostragens de folhas. No presente trabalho, as amostragens foram feitas no final do ciclo da cultura, enquanto Ollagnier & Prevot (1957) recomendam uma amostragem aos 36 dias após a semeadura, no auge da vegetação.

Nas Tabelas 4.8 e 4.9 são apresentados os teores percentuais dos nutrientes quando a interação doses de cálcio e doses de fósforo é significativa e quando a interação é não significativa, respectivamente. Para a interação significativa os nutrientes das folhas avaliados foram fósforo, potássio e magnésio e para a interação não significativa foram o cálcio e o nitrogênio.

Hernandez et al. (1991) encontraram baixas correlações no estudo dos teores de macronutrientes (fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) devido a adubação fosfatada e potássica. As amostragens de folhas foram realizadas aos 50 e 80 dias após a

semeadura. Todavia, Nakagawa et al. (1966) encontraram boas correlações, mas esses autores retiraram as amostras no auge da vegetação.

Apesar dos baixos coeficientes de regressão no presente trabalho, foram obtidas diferenças significativas no vários teores de nutrientes nas folhas. Já os resultados de Rodrigues Filho et al. (1988) apresentaram diferenças significativas da composição química dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas do amendoim (parte aérea) quando estas são cultivadas em solução nutritiva completa (todos os macronutrientes têm doses iguais em todos os tratamentos), aos trinta dias de idade. Os aumentos mais acentuados foram dados quando omitiu o cálcio. A omissão de fósforo não ocasionou alterações marcantes no teor dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S). Porém, a omissão de potássio acarretou aumentos na absorção de N, P, Ca, Mg e S.

De tudo que foi colocado, uma afirmação relevante para o estudo de macronutrientes na parte aérea e assim da análise foliar de plantas do amendoim feita por Rodrigues Filho et al. (1988) é que pouco tem sido realizado no Brasil, no tocante a nutrição mineral e, em particular, com respeito a sintomas de deficiência e toxicidade de nutrientes. Mesmo, com mais de uma década após as informações disponíveis que sintomas sobre o efeito de deficiências minerais ainda não é completa.

Os valores obtidos do nutriente fósforo estão compatíveis com os resultados de Hernandez et al. (1991); o potássio e o nitrogênio têm valores inferiores, o cálcio e o magnésio valores superiores. Já os teores de fósforo, de cálcio, de potássio e de magnésio foram bem superiores e o nitrogênio inferior aos valores tanto de Hernandez et al. como de Rodrigues Filho et al. (1988), em comparação com os tratamentos na ausência de K, Mg e N.

Na Tabela 4.8, os valores indicam que a aplicação de cálcio e fósforo ao solo concorreu para aumentar a concentração foliar de fósforo de forma significativa na maior parte dos casos com relação ao tratamento em que houve a aplicação dos nutrientes cálcio e fósforo ao solo. Através da análise de variância (Tabela 12-1E), verifica-se que as doses de fósforo contribuem com uma significância de 1% pelo teste F em todas as doses de cálcio analisadas. Já as doses de cálcio contribuem com uma significância de 1% pelo teste F nas doses de 0, 50 e 150kg/ha de fósforo com uma significância de 5% pelo teste F e não contribui para a dose de 100kg/ha de fósforo. Dentre os valores apresentados, tem-se como

destaque aquele em que o tratamento corresponde as doses de 300kg/ha e 50kg/ha de cálcio e fósforo, respectivamente, cujo valor é de 0,32, com um aumento de 68,42% no teor percentual de fósforo na folha com relação ao tratamento em que houve a ausência de cálcio e fósforo (Ca: 0kg/ha e P: 0kg/ha) incorporados ao solo.

Para o teor percentual de potássio na folha, tem-se que as doses de fósforo contribuíram para diferenças significativas de 5% pelo teste F, apenas na dose de 0kg/ha. As doses de cálcio que contribuem para uma diferença significativa de 1% pelo teste F são as 300, 600 e 1200kg/ha. Assim, a dose de 50kg/ha de fósforo produz os maiores teores percentuais de potássio independente das doses de cálcio, com um valor médio de 1,41 representando um aumento de 6,8% com relação ao tratamento que houve ausência de incorporação dos nutrientes cálcio e fósforo no solo.

O teor percentual de magnésio da folha tem como destaque às doses de 50kg/ha e 1200kg/ha de fósforo e cálcio, respectivamente; em que no desdobramento da interação doses de cálcio e doses de fósforo tem uma significância de 1% pelo teste F.

Para os nutrientes cálcio e nitrogênio em que a interação é não significativa, têm-se os valores da Tabela 4.9. O teor percentual de cálcio na folha tem destaque para as doses de 0 e 900kg/ha de cálcio com valores 4,33 e 4,34, respectivamente e a dose de 50kg/ha para o fósforo com um valor de 4,17 no teor percentual de cálcio na folha. Sendo que, as doses de fósforo têm um comportamento peculiar em que a partir de 50kg/ha não se têm diferenças significativas pelo teste de Tukey no teor percentual de cálcio na folha.

No caso do teor percentual de nitrogênio na folha, embora se tenha uma significância de 5% pelo teste F, os valores dos teores percentuais de nitrogênio nas folhas não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%. Assim, pode-se selecionar a dose de 900kg/ha de cálcio com o que apresentou um valor maior com relação as demais e a dose de 150kg/ha de fósforo com, aproximadamente, um teor percentual de nitrogênio de 2,80 na folha, representando um aumento de cerca de 12,45% de nitrogênio retido na folha com relação aos tratamentos em que houveram ausência das doses de cálcio, das doses de fósforo ou ambas.

De uma forma geral, a adubação fosfatada aumenta os teores percentuais de fósforo, potássio, magnésio, cálcio e nitrogênio na folha, sendo o potássio menos expressivo que os demais. Por isso, Sichmann citado por Hernandez et al. (1991) coloca

que o amendoim é uma planta que além de ser uma oleaginosa é também uma leguminosa e o nitrogênio é na sua maior parte fornecida pela atividade fixadora das bactérias e que o fósforo deve merecer atenção especial em programa de adubação, pois este nutriente tem se mostrado como principal fator de aumento no rendimento do amendoim em solos paulista. Já o cálcio, contribui para o aumento dos teores percentuais de fósforo, potássio, magnésio e cálcio nas folhas, sendo que o nitrogênio de forma menos expressiva que os demais.

O que se tem de interessante a ressaltar sobre os resultados obtidos na análise foliar é que o nutriente cálcio foi mais absorvido pela folhas do amendoim. A ordem de absorção dos macronutrientes foi cálcio, nitrogênio, potássio, magnésio e fósforo contrariando resultados de outros trabalhos como Rodrigues Filho et al. (1988) e Hernandez et al. (1991) em que o cálcio é o terceiro elemento que é mais absorvido pelas plantas do amendoim. Borkert et al. (2003), enfatiza que para o cálcio, o magnésio e os micronutrientes existentes na literatura poucos são os registros da concentração desses nutrientes na matéria seca.

A maior concentração de cálcio encontrada nas folhas do amendoim deve-se possivelmente ao fato de que da germinação ao início da frutificação as plantas absorvem de 20 a 30% da exigência total em nutrientes a frutificação até o início da maturação de 74 a 80% da quantidade total de nutrientes extraída pela cultura (Coelho & Verlengia, 1973). Durante a maturação dos frutos ocorre translocação de nutrientes, notadamente de nitrogênio e fósforo, da parte vegetativa para os frutos.

Segundo Coelho & Verlengia (1973), da época da colheita (frutos maduros), cerca de 70% de nitrogênio e fósforo extraídos pelas plantas acha-se encerrados nos frutos, enquanto 90% do cálcio encontra-se na parte vegetativa. Para os demais macronutrientes a parte vegetativa contém a maior quantidade extraída. Para Larcher (2000), os elementos N e P estão ligados a substâncias inorgânicas e são mais facilmente traslocados. Estes elementos móveis estão em altas concentrações nas folhas jovens e com o envelhecimento são gradativamente retidos. O cálcio tem a característica da dificuldade de translocação da via de transporte xilemática. A relação Ca/K na folha aumenta no decorrer da idade. A alta concentração de cálcio das folhas deve-se as amostragens, feitas após todo o ciclo da cultura, o contrário de outros trabalhos (Hernandez et al., 1991) em que as amostragens foram feitas no período vegetativo.

TABELA 4.8 - Teores Percentuais dos Nutrientes: Fósforo, Potássio e Magnésio Presentes nas Folhas do Amendoim devido à adição dos Nutrientes Cálcio e Fósforo, no Final do Ciclo da Cultura, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.

DOSES DE FÓSFORO (kg/ha)	PERCENTUAIS DOS NUTRIENTES NA FOLHA ⁽¹⁾														
	DOSES DE CÁLCIO (kg/ha)														
	FÓSFORO					POTÁSSIO					MAGNÉSIO				
	0	300	600	900	1200	0	300	600	900	1200	0	300	600	900	1200
0	0,19bB	0,21bB	0,19cB	0,29bA	0,21bB	1,32aAB	1,28bAB	1,15bB	1,37aA	1,20bAB	0,90aA	0,90aA	0,80bA	0,94abA	0,84bA
50	0,23abB	0,32aA	0,22bcB	0,28bAB	0,22bB	1,35aA	1,48aA	1,43aA	1,37aA	1,43aA	0,94aB	0,90aB	0,80bB	1,00abB	1,43aA
100	0,26aA	0,29abA	0,28abA	0,31abA	0,31aA	1,40aA	1,37abA	1,28abA	1,37aA	1,33abA	1,06aA	1,08aA	1,18aA	1,22aA	1,04bA
150	0,28aB	0,34aAB	0,32aAB	0,36aA	0,32aAB	1,38aA	1,27bA	1,43aA	1,33aA	1,27abA	0,91aA	0,92aA	1,12abA	0,84bA	1,04bA

(1) Letras maiúsculas: comparações na horizontal

Letras minúsculas: comparações na vertical

Letras Gregas: comparações de médias

As médias das doses de cálcio e de fósforo seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 4.9 - Teores Percentuais dos Nutrientes: Cálcio e Nitrogênio Presentes nas Folhas do Amendoim devido a Adição dos Nutrientes Cálcio e Fósforo, com Amostragem no Final do ciclo da cultura, em Condições de Casa-de-Vegetação, Campina Grande, 2002.

NUTRIENTES	PERCENTUAIS DOS NUTRIENTES NA FOLHA ⁽²⁾									
	DOSES DE CÁLCIO (kg/ha)					DOSES DE FÓSFORO (kg/ha)				
	0	300	600	900	1200	0	50	100	150	
CÁLCIO	4,33A	4,16AB	3,88B	4,34A	3,97B	3,75B	4,17A	4,33A	4,29A	
NITROGÊNIO	2,45A	2,45A	2,69A	2,85A	2,58A	2,53AB	2,44B	2,65AB	2,8A	

(2) As médias das doses de cálcio e de fósforo seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

4.5 – VARIÁVEIS ESPECTRIAIS

EXPERIMENTO I

4.5.1 – REFLECTÂNCIA

A – REFLECTÂNCIA ESPECTRAL COMO UM INDICADOR DE FATORES EXTERNOS

Na Figura 4.5.1-1, são apresentadas as curvas de reflectância da folha do amendoim para várias doses de cálcio e fósforo, correspondente aos 42 dias após a emergência. Observa-se que as curvas de reflectância apresentam padrões bem definidos para cada uma das doses de cálcio e fósforo. A curva característica de reflectância correspondente a cada dose de cálcio e fósforo abrange o espectro eletromagnético que vai de 400nm a 1100nm e, que pode ser dividido em duas faixas ou regiões: região do visível (400 a 710nm) e do infravermelho próximo (710 a 1100nm). Os valores de reflectância estão expressos em termos de razão, assumindo valores no intervalo fechado de 0 a 1. Os padrões das curvas obtidas na Figura 4.5.1-1, como nas demais subseqüentes, tanto na região do visível como do infravermelho próximo do espectro são semelhantes aos encontrados por Jensen et al. (1990), Freire (1996) e Fideles Filho (1997) com o uso de sensores remotos em culturas no campo.

Conforme pode ser observado em cada curva característica (Figura 4.5.1-1) a reflectância é relativamente baixa na região do visível do espectro eletromagnético, influenciada, principalmente, pelos pigmentos existentes nos cloroplastos amplamente encontrados nas células do mesófilo das folhas (Knipling, 1970). Ainda tem-se que na faixa do verde, centralizada em, aproximadamente, 550nm, a reflectância é máxima, daí a razão da cor verde ser a cor visualizada pelos vegetais. A maior parte da energia incidente nas faixas do azul e do vermelho, centralizados aproximadamente nos comprimentos de 450nm e 670nm, respectivamente, são absorvidas pela clorofila. Para este caso particular, na região do visível, embora tenham valores próximos de reflectância para os vários tratamentos, com relação ao pico de 550nm, a curva em que as doses de cálcio e fósforo são Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha apresenta valores superiores, seguindo as curvas Ca: 1200kg/ha + P: 150kg/ha, Ca: 900kg/ha + P: 100kg/ha e Ca: 300kg/ha + P: 50kg/ha, respectivamente. O que se pode evidenciar devido a interação das doses de cálcio de

fósforo serem significativas para a maioria das variáveis de desenvolvimento, a curva de Ca: 300kg/ha + P: 50kg/ha é a que se apresenta com valores de nutrientes adequados com relação aos demais; e as curvas Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha e Ca: 1200kg/ha + P: 150kg/ha, níveis altos dos nutrientes, porém inadequados segundo a resposta espectral, devido os altos valores de reflectância apresentados.

Na região do infravermelho próximo, o aumento nos valores de reflectância da curva característica deve-se ao fato de estarem relacionados à estrutura interna celular da folha (Gates, 1965). Também se tem que esta alta reflectância é importante para que a folha mantenha o equilíbrio no balanço de energia e não se superaqueça, evitando assim a destruição da clorofila. Nesta região, a curva em que as doses de cálcio e fósforo são Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha apresenta valores superiores, seguidas pela curva Ca: 300kg/ha + P: 0kg/ha e por fim, as curvas Ca: 1200kg/ha + P: 150kg/ha, Ca: 900kg/ha + P: 100kg/ha, Ca: 600kg/ha + P: 100kg/ha e, Ca: 300kg/ha + P: 50kg/ha, com valores próximos, porém inferiores as duas anteriores. Assim, entre as curvas apresentadas, as correspondentes aos tratamentos Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha e Ca: 300kg/ha + P: 0kg/ha mostram-se superiores com relação aos demais tratamentos, com um aumento de cerca de 0,05, ou seja, é como se fosse necessário refletir um pouco mais para evitar superaquecimento.

A comparação entre as regiões do visível e do infravermelho próximo, quando o monitoramento é os níveis de nutrientes, permite identificar que a melhor região é a do visível, pelo menos quando o alvo é a folha. Este fato é bem correlacionados com os dados de Fonseca et al. (2002), em que estes autores esperavam um aumento da biomassa e, então, um aumento do espalhamento da radiação por causa do maior número de camadas, porém não observaram tal aumento. A porção do espectro em que Fonseca et al. constataram o efeito da adubação foi a do visível.

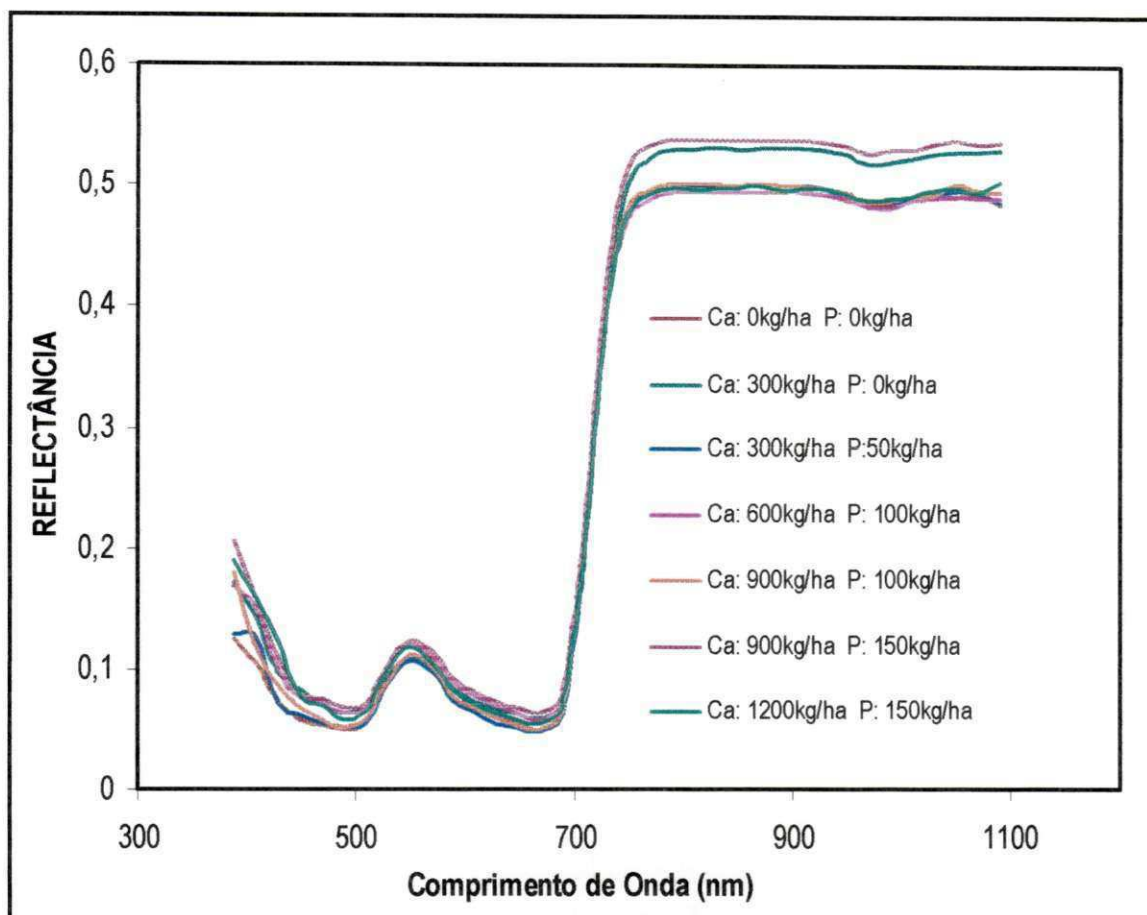


Fig. 4.5.1-1 - Curva espectral da reflectância da folha do amendoimzeiro correspondente aos 42 dias após a emergência para vários tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

B – REFLECTÂNCIA ESPECTRAL: NUTRIÇÃO MINERAL

Cabe aqui lembrar a lei do mínimo ou lei de Liebig, que postula a importância de todos os nutrientes essenciais, sem exceção, em quantidades mínimas necessárias dos macros e micronutrientes. Daí, partindo deste pressuposto uma explicação para o fato do pico do verde para os tratamentos Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha e Ca: 300kg/ha + P: 0kg/ha (Figura 4.5.1-1), daria uma coloração verde um pouco mais acentuada (verde mais clara) que os demais, o que pela análise visual seria difícil de perceber tal diferença. Assim, para os tratamentos apresentados teriam colorações características de plantas saudias para este dia em questão. Todavia, como se está referindo apenas a alguns tratamentos referentes a uma coleta parece razoável não retirar afirmações definitivas, adiante em outras circunstâncias verificar-se-á diferenças marcantes. O que se

pode afirmar, como já era esperada, a nutrição mineral do solo influencia a reflectância nas folhas das plantas, em particular do amendoim.

Para uma melhor análise da possível dependência da reflectância espectral das folhas da planta do amendoim com relação às doses de cálcio e fósforo, têm-se as Figuras 4.5.1-2 a 4.5.1-7. Sendo as Figuras 4.5.1-2 e 4.5.1-3; 4.5.1-4 e 4.5.1-5; e, as 4.5.1-6 e 4.5.1-7 correspondentes aos 28, 63 e 91 dias após a emergência, respectivamente, em que as Figuras 4.5.1-2, 4.5.1-4 e 4.5.1-6 são as dos resultados das análises das doses de cálcio dentro das de fósforo e as 4.5.1-3, 4.5.1-5 e 4.5.1-7 das doses de fósforo dentro das de cálcio. Assim, tem-se, a representação da reflectância de todos os tratamentos no início, meio e fim da série de coletas de dados com relação ao tempo.

Aos 28 dias após a emergência na região do visível, os valores apresentados de reflectância não têm diferenças, ou sejam, apresentam valores próximos, tanto na análise das influências das doses de cálcio dentro das doses de fósforo e vice-versa. Todavia, quanto menores os valores de reflectância têm-se níveis de nutrição adequados. Em cada conjunto de curvas da Figura 4.5.1-2, revelam que a dose de 900kg/ha de cálcio quando a doses de fósforo é 0kg/ha e, 1200kg/ha de cálcio quando as doses de fósforo são 50, 100 e 150kg/ha representam níveis adequados de nutrientes. Já no conjunto de curvas da Figura 4.5.1-3 a dose de fósforo de 150kg/ha tende a prevalecer independentes das de cálcio. Em geral, verifica-se uma predominância dos altos níveis dos nutrientes e, talvez até esse dia (28DAE), os nutrientes incorporados ao solo não atingiram os níveis de toxidez às plantas, ou seja, não completaram o tempo de reação limite com relação os níveis quantitativos.

Na região do infravermelho próximo, observa-se, porém, algumas diferenças. Na análise das doses de cálcio dentro das de fósforo (Figura 4.5.1-2), os maiores valores de reflectância correspondem aos das doses de 600kg/ha de cálcio quando as doses de fósforo são de 0 e 50kg/ha e da dose 300kg/ha de cálcio quando as doses de fósforo são 100kg/ha e 150kg/ha. Ou seja, quando considera estes maiores valores de reflectância, na medida que houve um aumento dos valores das doses de fósforo, têm-se uma diminuição dos valores das doses de cálcio. Já na análise das doses de fósforo dentro das de cálcio (Figura 4.5.1-3[A]), têm-se que as doses de 0, 300, 900 e 1200kg/ha de cálcio independe das de fósforo, não têm diferenças nos valores de reflectância; apenas as dose de 600kg/ha de cálcio apresentam diferenças nas curvas, sendo que prevalecem as doses de 0 e 50kg/ha de

fósforo apresentado valores superiores a 0,5 em toda região do infravermelho, as demais diferenças, porém não parecem ser significativas.

Aos 63 dias após a emergência, algumas diferenças já são perceptíveis, embora não tão marcantes como aos 91 dias, apenas com relação aos tratamentos P: 50kg/ha + Ca: 300kg/ha (Figura 4.5.1-4[B]) e P: 150kg/ha + Ca: 1200kg/ha (Fig. 4.5.1-4[D]), cujos valores de reflectância são inferiores com relação aos demais, na influência das doses de cálcio dentro das de fósforo. Fato semelhante é dado na análise das doses de fósforo dentro de cálcio (Figura 4.5.1-5), que se tem como regra geral a prevalência da dose de fósforo de 150kg/ha para as doses de cálcio 900 e 1200kg/ha e das doses de fósforo de 50 e 100kg/ha para a doses de cálcio de 0, 300 e 600kg/ha apresentando os menores valores.

Na região do infravermelho próximo, na análise das doses de cálcio dentro das de fósforo (Figura 4.5.1-4), as diferenças começam a ser acentuadas entre os tratamentos, principalmente, para as doses intermediárias de fósforo de 50 e 100 kg/ha, em que prevalece a dose de cálcio de 1200kg/ha, seguida da dose de 900kg/ha de cálcio para a dose de fósforo de 50kg/ha 300kg/ha de cálcio para a dose fósforo de 100kg/ha com maiores valores de reflectância. Já na análise da influência das doses de fósforo dentro das de cálcio, as diferenças começam a partir das doses de cálcio 300kg/ha em diante, sendo que os maiores valores são para as doses de fósforo de 0kg/ha, seguida das doses de 100, 150 e 50kg/ha. Entretanto, para a dose cálcio de 1200kg/ha os maiores valores são para as doses de fósforo de 100 e 50kg/ha seguindo das doses de 0 e 150kg/ha.

Somente, aos 91 dias após a emergência, é que se têm diferenças marcantes para os vários tratamentos, seja na análise da influência das doses de cálcio dentro das de fósforo e vice-versa, tanto na região do visível com na do infravermelho próximo. Na região do visível (Figura 4.5.1-6), a dose de cálcio de 900kg/ha tem valores inferiores quando as doses de fósforo são 0 e 100kg/ha e a dose de cálcio 600kg/ha quando a doses de fósforo é 50 e a dose de 300kg/ha de cálcio quando a dose de fósforo é 150kg/ha. Porém, para as doses de fósforo de 150kg/ha tem-se uma variação quase uniforme com relação aos demais tratamentos, ou seja, prevalecem nesta ordem as doses de cálcio de 600, 900, 1200, 0 e 300kg/ha. Na análise das doses de fósforo dentro das de cálcio (Figura 4.5.1-7), tem-se que na dose de cálcio de 0kg/ha prevalece com menor valor de reflectância a dose de fósforo de 0kg/ha, na dose de cálcio 300kg/ha não existem grandes diferenças, na dose de 600kg/ha prevalece a dose de 300kg/ha e nas doses de 900kg/ha e 1200kg/ha de

cálcio prevalece a dose de fósforo de 0kg/ha. No geral, a dose de fósforo está no intervalo de 0-50kg/ha (exceção para a dose de cálcio de 300kg/ha, onde na região em torno de 500nm a 650nm prevalece a dose de fósforo de 150kg/ha, embora que com valores bem próximos aos das doses de 0 e 50kg/ha). Diante dos valores de reflectância apresentados, os menores valores no conjunto de curvas da Figura 4.5.1-6 são os de 900kg/ha quando as doses de fósforo são 0, 50 e 100kg/ha e a dose de 300kg/ha de cálcio quando a dose de fósforo é de 150kg/ha. No conjunto de curvas da Figura 4.5.1-7, a curva de 150kg/ha prevalece quando a dose de cálcio é 300kg/ha, a curva de 50kg/ha quando a dose de cálcio é 600kg/ha e a curva de 0kg/ha quando as doses de cálcio são de 0, 900 e 1200kg/ha. O que se pode colocar a respeito desses valores é que, os níveis de adubação adequados para a produtividade e fertilidade das plantas do amendoim (segundo as doses recomendadas, nos Experimentos I e III), estão dentro dos padrões daqueles com menores valores de reflectância.

Na região do infravermelho próximo, percebe-se haver diferenças em todos os tratamentos quando a análise é dada nas doses de cálcio dentro das doses de fósforo (Figura 4.5.1-6). De uma forma geral, tem-se que a dose de Ca: 600kg/ha prevalece para todas as doses de fósforo com exceção da dose de 50kg/ha, em que prevalece a dose de cálcio de 0kg/ha. Para a análise da influência das doses de fósforo dentro das de cálcio, prevalece as doses de 50kg/ha para a dose de cálcio de 0 e 300kg/ha, de 150kg/ha para as doses de cálcio de 600 e 900kg/ha e a de 0kg/ha para as doses de cálcio de 1200kg/ha. Todavia, é bom enfatizar que a dose de cálcio de 300kg/ha as diferenças correspondentes as doses de fósforo não têm diferenças tão acentuadas com as demais doses de cálcio.

De uma forma geral, o que se pode afirmar com relação a todos os tratamentos nos vários dias considerados é que como a reflectância da folha no visível está diretamente relacionada com a pigmentação, a planta aproveita de maneira diferente as radiações que compõe o espectro visível, de acordo com os nutrientes adicionados a mesma. Como a energia dos comprimentos de onda correspondentes a faixa do azul e vermelho são fortemente absorvidos pela clorofila, pode-se argumentar que a dose de cálcio de 1200kg/ha e a de fósforo de 150kg/ha, com algumas exceções, tiveram vales mais profundos (maior absorção) que os demais tratamentos e daí estes valores seriam as quantidades mais adequadas para colaborar com a natureza no processo de fotossíntese. As faixas do azul e do vermelho são as características “chaves” para detectar fatores que possam afetar o desenvolvimento normal das plantas (alta absorção do cloroplasto), no

caso em questão, deficiências de cálcio e fósforo. O pico de 505nm corresponde à cor verde, onde os cloroplastos têm a função de refletir. As exceções relatadas podem ser devido a outros fatores externos não controlados, como, por exemplo, a umidade do ar, e a verdadeira quantidade de água adicionada ao solo, etc. Já que a quantidade de água ao solo foi controlada, apenas, colocando-se a mesma quantidade de água nas unidades experimentais de cada tratamento.

As medidas de reflectância das folhas em plantas em desenvolvimento prometem ser uma realizável técnica não destrutiva, pela quais mudanças na estrutura, pigmentação e conteúdo de umidade que são induzidas pelas mudanças no ambiente das plantas podem ser detectadas. Deficiências ou excessos de nutrientes podem afetar a cor, conteúdo de umidade e estrutura interna de folhas, e como resultado mudará também o poder de reflexão.

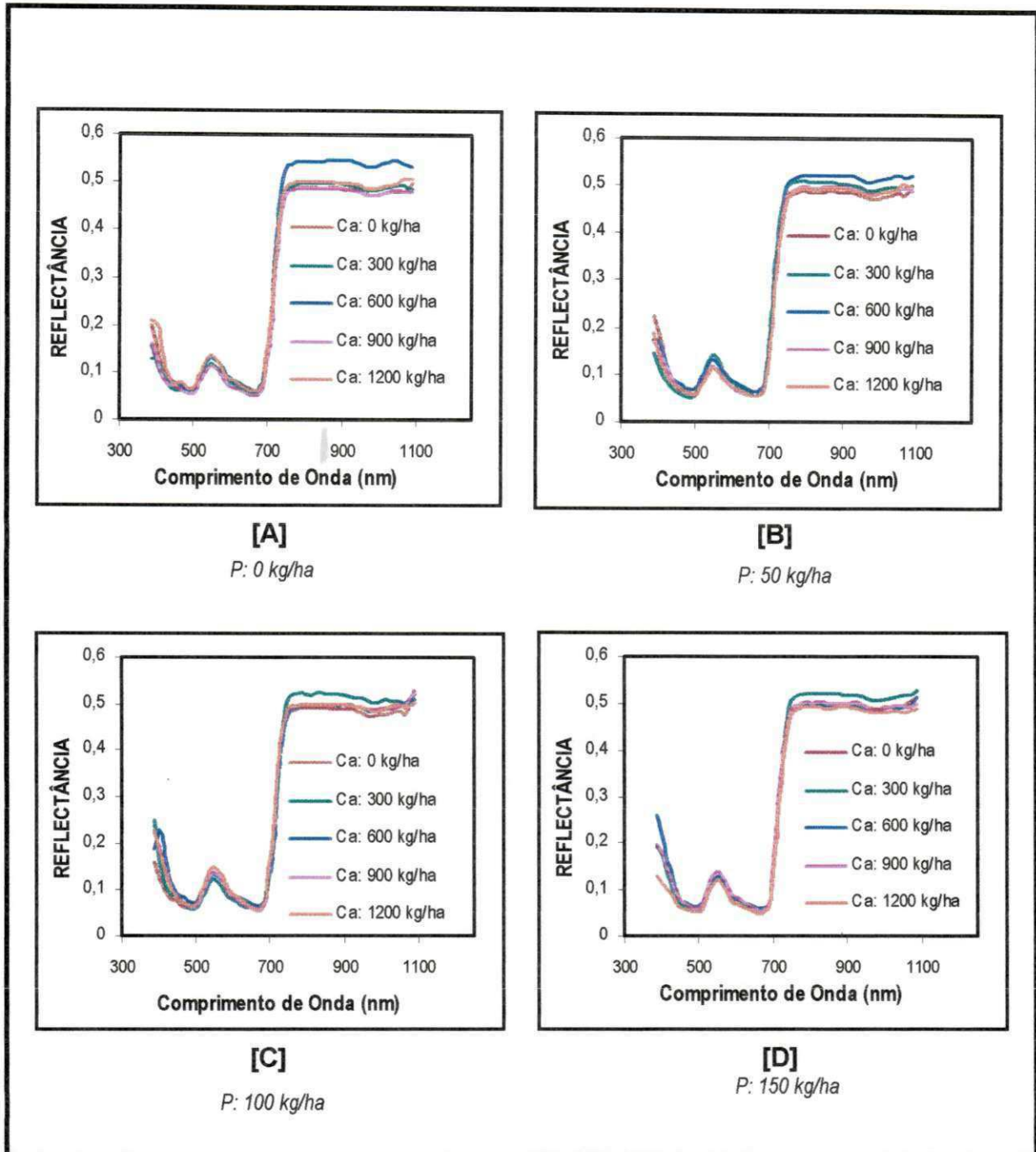


Fig. 4.5.1-2 - Curva de reflectância espectral de folha do amendoineiro para os tratamentos 28 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.

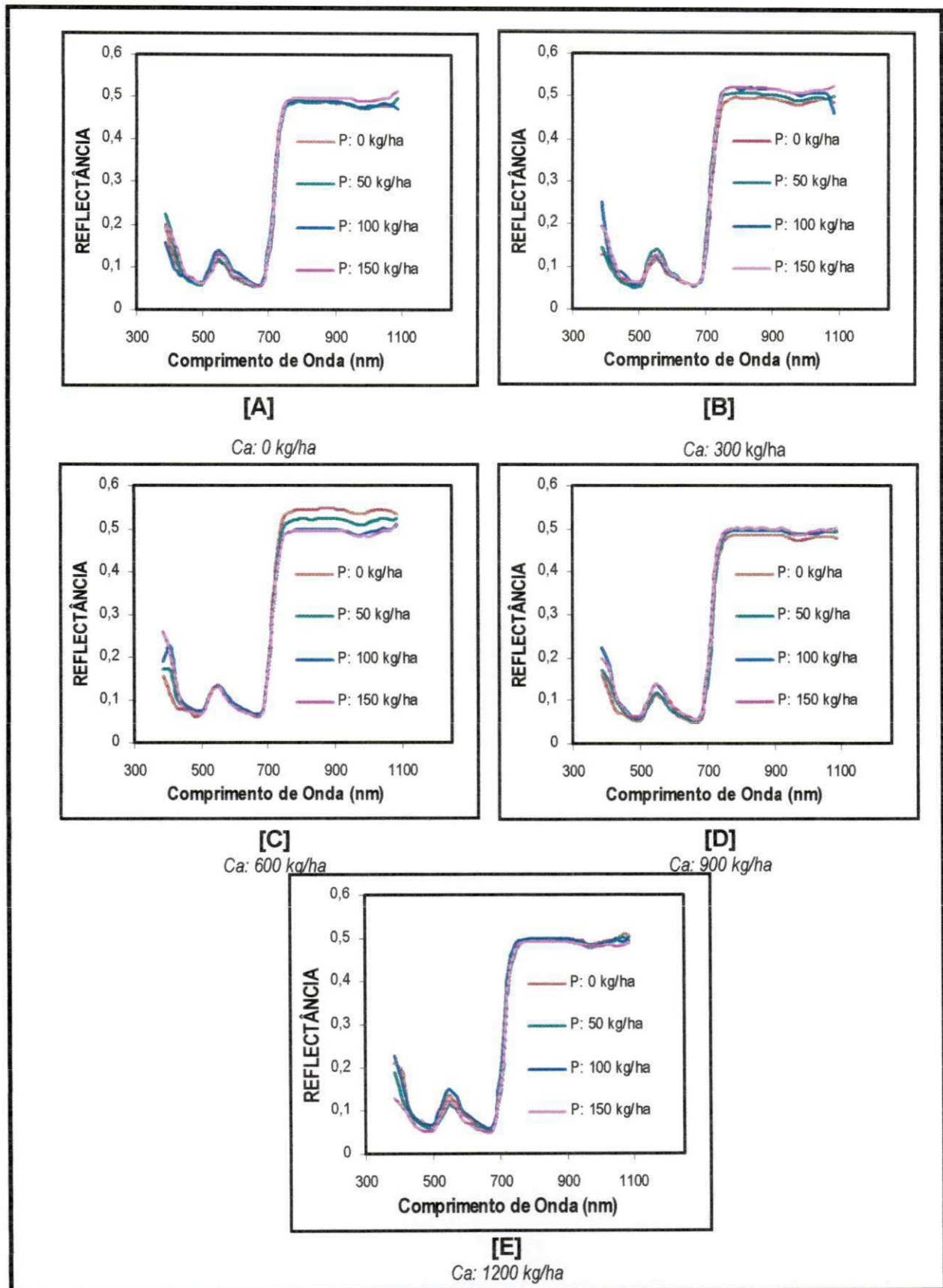


Fig. 4.5.1-3 - Curva de reflectância espectral de folha do amendoineiro para os tratamentos 28 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de cálcio são [A] 0 kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha.

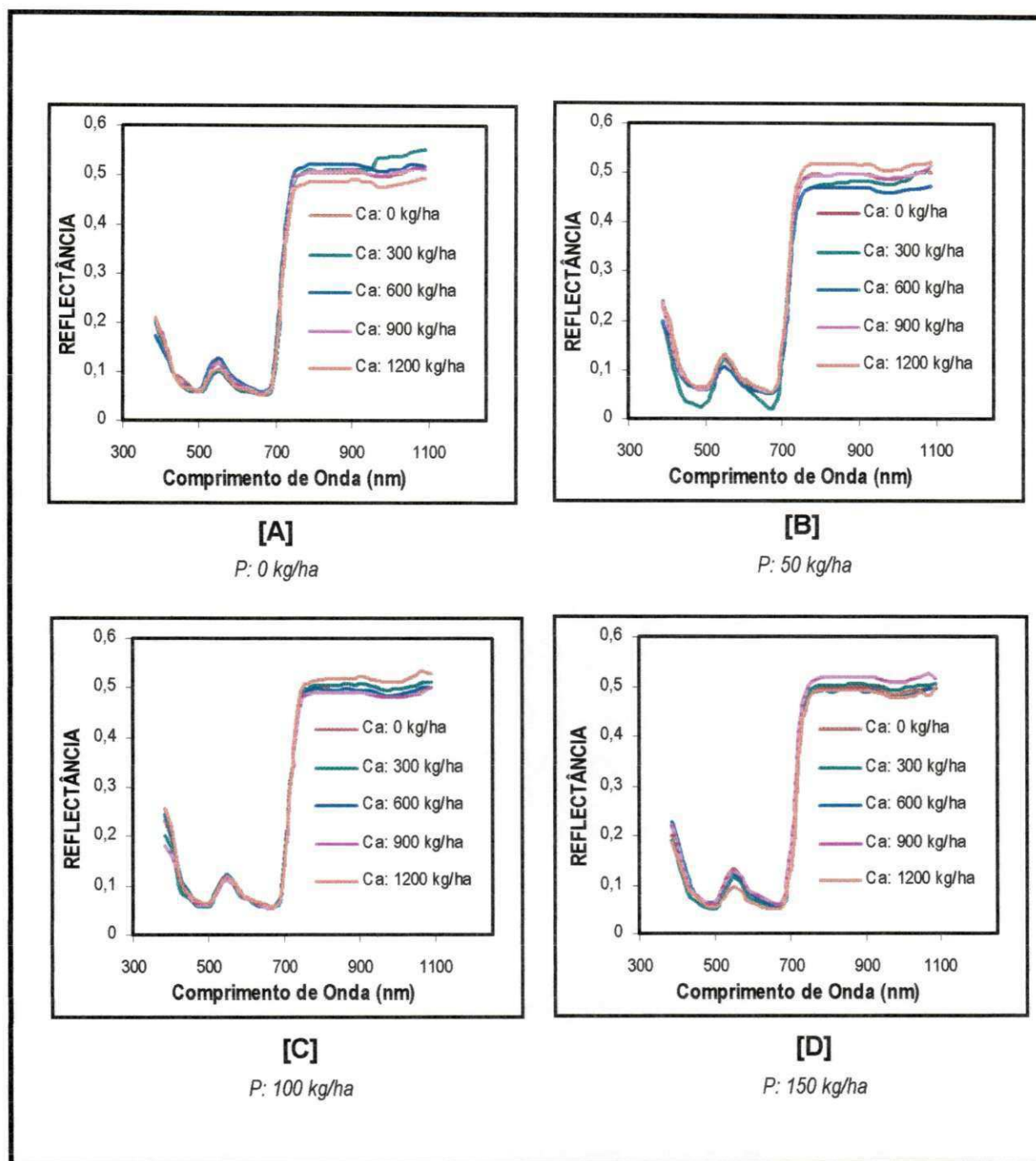


Fig. 4.5.1-4 - Curva de reflectância espectral de folha do amendoimzeiro para os tratamentos 63 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.

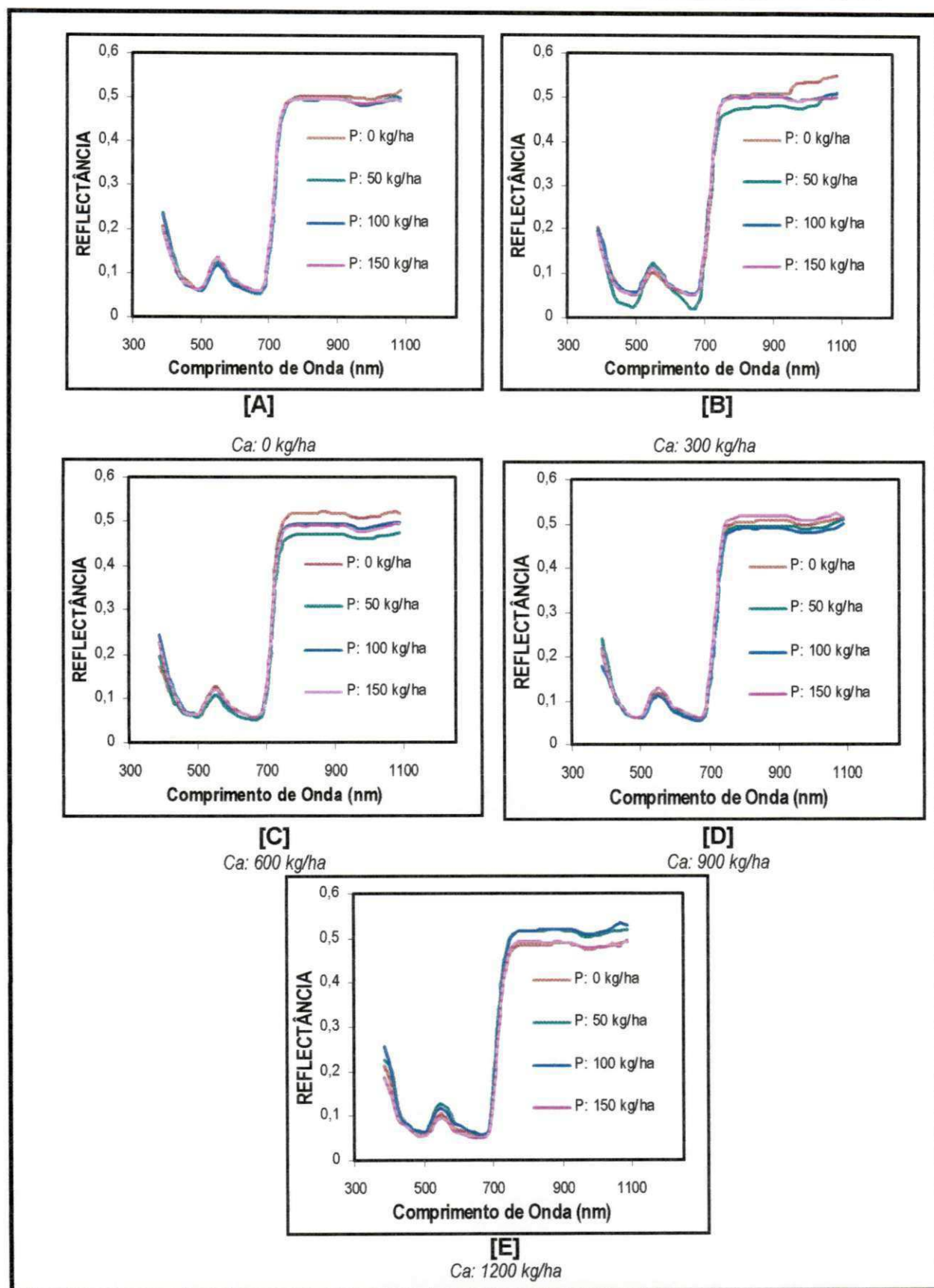


Fig. 4.5.1-5 - Curva de reflectância espectral de folha do amendoineiro para os tratamentos 63 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de cálcio são [A] 0 kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha.

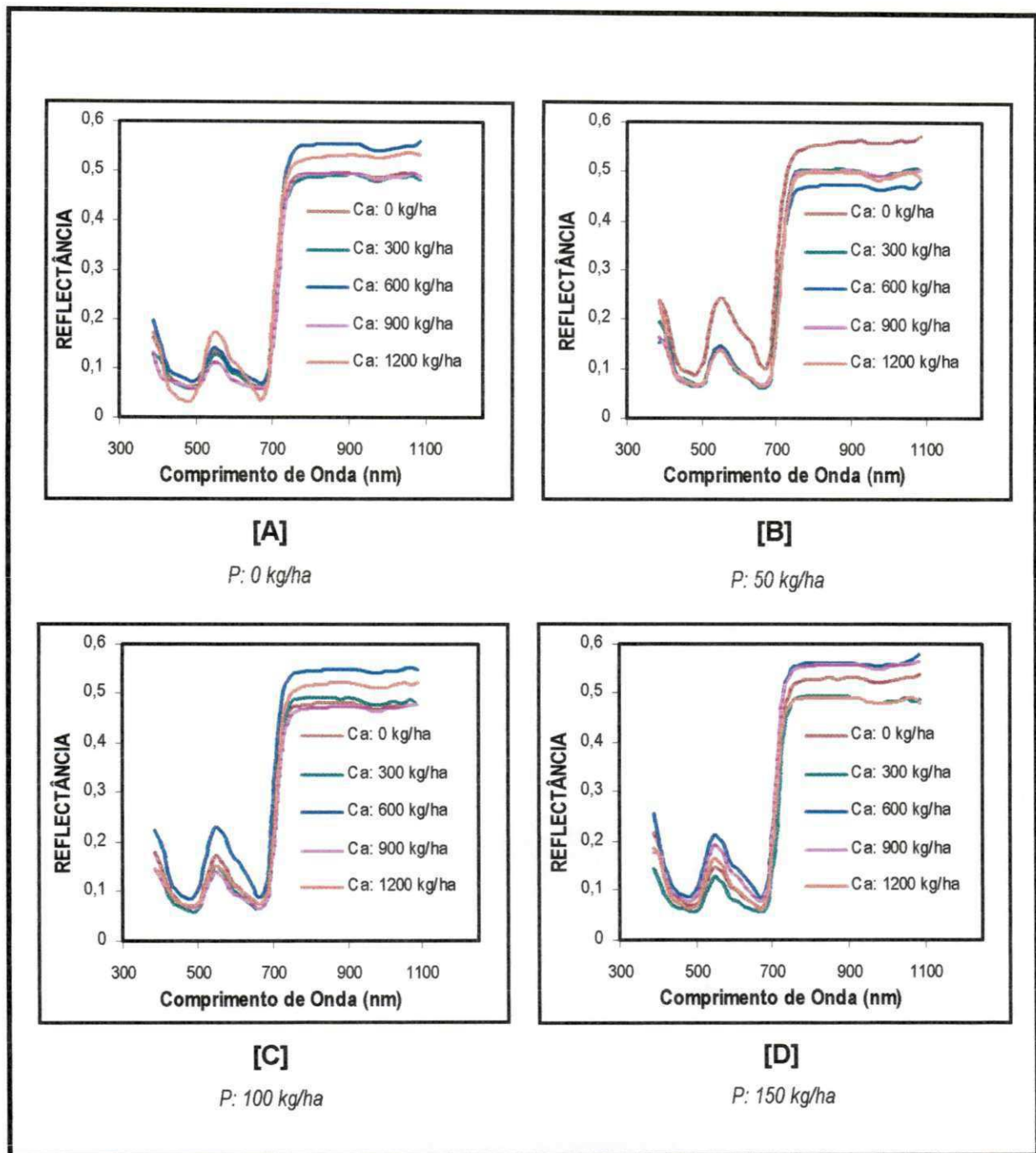


Fig. 4.5.1-6 - Curva de reflectância espectral de folha do amendoizeiro para os tratamentos 91 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.

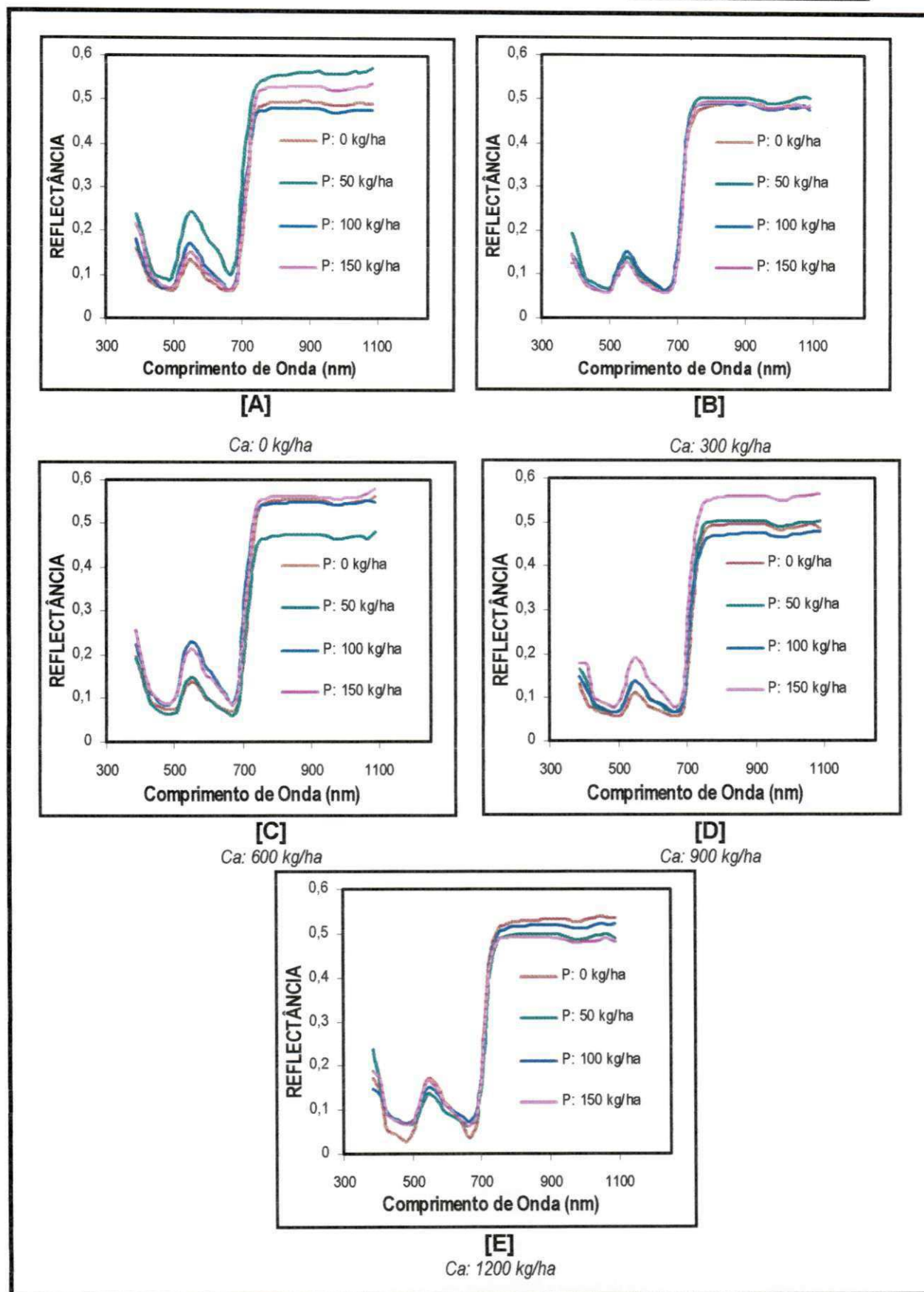


Fig. 4.5.1-7 - Curva de reflectância espectral de folha do amendoazeiro para os tratamentos 91 dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de cálcio são [A] 0 kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha.

C - REFLECTÂNCIA ESPECTRAL: MATURAÇÃO DA FOLHA

Para verificar o comportamento da reflectância espectral da folha da planta do amendoim devido a sua idade, de acordo com cada tratamento, selecionou-se as plantas correspondentes aos tratamentos Ca: 0kg/ha + P: 0kg/ha, Ca: 300kg/ha + P: 50kg/ha, Ca: 600kg/ha + P: 100kg/ha e Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha, considerando vários dias após a emergência (dos 28-91 DAE). A escolha desses tratamentos para a representação do comportamento em questão deve-se ao fato de viabilizar os estudos de todas as doses de cálcio (0, 300, 600, 900 e 1200kg/ha) e fósforo (0, 50, 100 e 150kg/ha) utilizados, devido ao número relativamente alto de tratamentos.

As Figuras 4.5.1-8 a 4.5.1-11 apresentam as várias curvas obtidas para cada tratamento citado no parágrafo anterior. Através das curvas correspondentes a cada tratamento, o que apresenta desvios menores com relação ao DAE de 28 é o Ca: 0kg/ha + P: 0kg/ha, sendo que os demais possuem desvios com valores intermediários, isso tanto na região do visível como do infravermelho próximo. O que se pode evidenciar a respeito destes desvios, é que os nutrientes fornecidos ao solo no decorrer do tempo estão sendo absorvidos (assimilados) pela planta, em particular, presentes na folha. O tratamento Ca: 0kg/ha + P: 0kg/ha corresponde à ausência do fornecimento de nutrientes minerais e daí menores desvios e o tratamento Ca: 900kg/ha + P: 150kg/ha o máximo de nutrientes fornecidos e os maiores desvios.

Com relação à idade da planta, houve uma diminuição da reflectância com o tempo, tanto na região do visível como do infravermelho próximo até os 35DAE (período de floração) sendo Ca: 300kg/ha + P: 50kg/ha a única exceção (a maior reflectância deu-se aos 28 dias, porém com valores próximos dos 94 dias seguidos dos 84 dias). Também, observa-se que, à medida que se aumentam os níveis das doses de cálcio e fósforo adicionados ao solo, as diferenças começam a ser mais contrastantes, tanto nas regiões do visível como do infravermelho próximo. Assim, quando os níveis dos nutrientes são altos, (Ca \geq 600kg/ha e P \geq 100kg/ha), a partir dos 74 DAE, a reflectância tende a aumentar significativamente com relação aos demais dias, tanto nas regiões do visível como do infravermelho próximo.

Vários autores, assim como Gates & Tantraporn (1952) apud Kumar (1972), têm verificado que a reflectância de uma folha decresce com a idade na região do visível.

Este fato foi atribuído ao desenvolvimento da clorofila, que aumenta em quantidade rapidamente nos estágios iniciais do desenvolvimento da folha, diminuindo em seguida até que a coloração verde característica da espécie seja atingida. Já para Gauman et al. (1969) que realizaram experimentos em plantas de algodão submetidas a um crescimento com umidade controlada em que, no geral, a reflectância aumentou no intervalo de 500 a 2500nm para folhas maduras. Pode-se dizer que as folhas mais velhas têm um aumento da reflectância no infravermelho próximo devido ao aumento do número de espaços intercelulares no mesófilo e a percentagem de água nas folhas também aumenta com a idade. Todavia, Gates et al. (1965) apresentaram resultados que vieram confirmar uma teoria denominada de Willstatter Stoll, em 1918, que ao final do processo de amadurecimento das folhas a relação entre a estrutura celular e os espaços de ar tornam-se favoráveis para o aumento da reflectância.

Sinclair (1968), apud Kumar (1972), apresenta uma crítica à explicação dada por Gates et al. (1965). O processo de desenvolvimento foliar descrito vai de encontro a teoria idealizada por Willstatter e Stoll, mas segundo a literatura específica tal processo não se verifica para a maioria das folhas dicotiledôneas. Vários autores, como Esau (1965), enfatizam que o desenvolvimento da estrutura de folhas segue o sentido de uma estrutura compacta para uma estrutura lacunosa. Todavia, o mesófilo esponjoso não se desenvolve continuamente até o final do processo de amadurecimento da folha. Assim, tem-se uma hipótese contrária a de Gates et al., que imaginavam que tal desenvolvimento se dava no sentido de uma estrutura lacunosa em direção à outra mais compacta e que o aumento da reflectância em folhas maduras se daria pela relação entre a estrutura e os espaços intercelulares. Assim, esses autores reconhecem em seu artigo que experimentos deveriam ser conduzidos para melhor conhecer essa relação. Então, como coloca Knipling (1967), apud Kumar (1972), a única coisa que se tem certeza é que a reflectância tem como principal componente às causas internas à folha.

Com relação à maturação da folha e a reflectância, o que se pode constatar é que não existiu uma regra geral em função dos valores de reflectância espectral. O motivo pelo qual isso é verdade é que a atividade da clorofila varia até que, pelo menos, a cor verde característica seja atingida. Além disso, o teor de umidade pode influenciar os valores de reflectância, praticamente, em todo espectro da curva característica (Myers, 1970; Bower et al., 1985; Ponzoni & Dispartari, 1992; Fideles Filho, 1997).

Finalmente para estabelecer uma regra definitiva da reflectância com a maturação da folha é necessário conhecer o tempo exigido para a planta atingir o limite máximo da produção da clorofila, que depende de cada espécie bem como dos fatores externos à planta. Com relação à adubação e a maturação das folhas monitoradas pela reflectância têm-se que níveis altos de adubação proporcionam diferenças marcantes. Da mesma forma, deficiências severas causam grandes alterações (Myers, 1970).

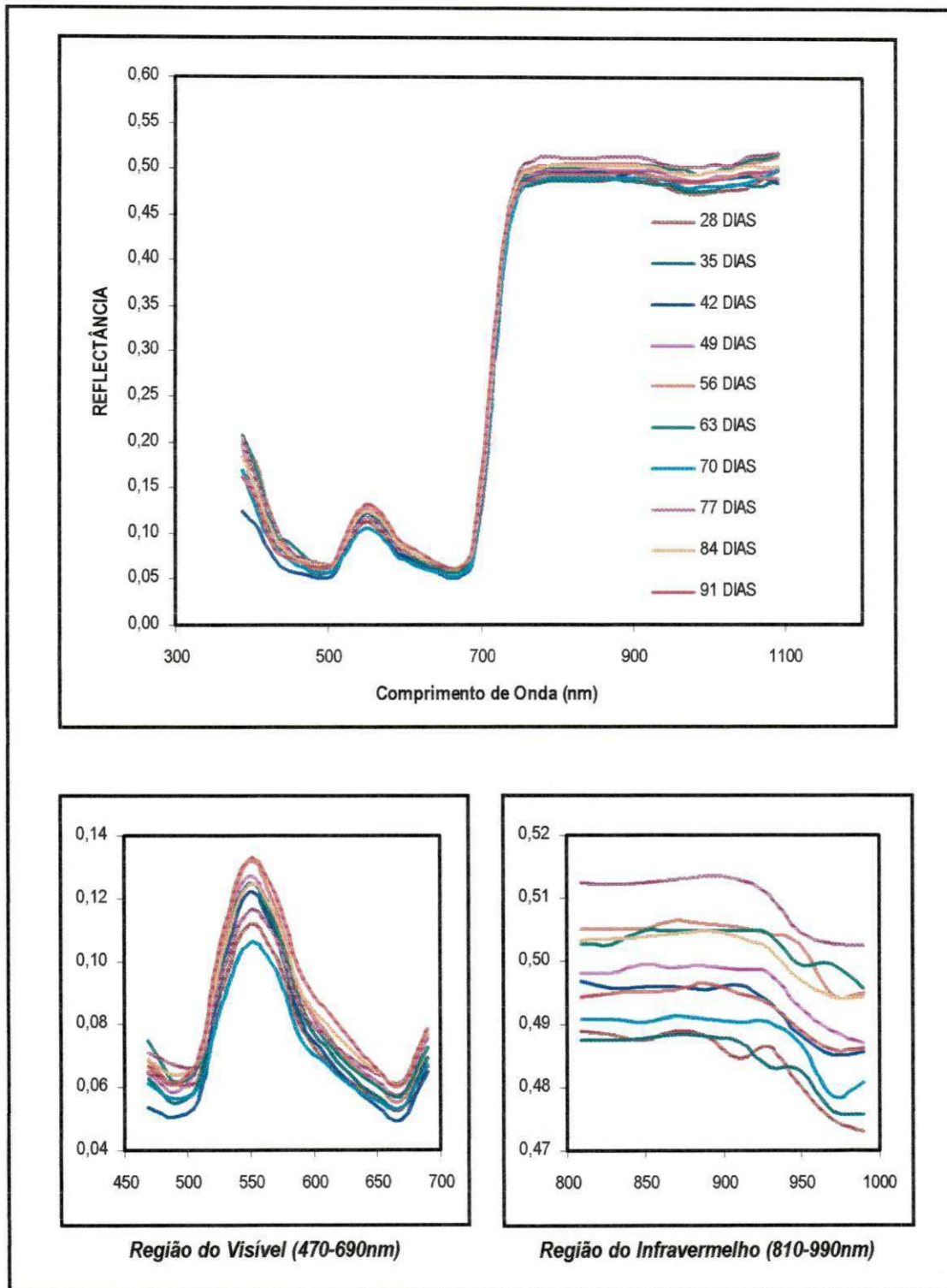


Fig. 4.5.1-8 - Curvas de reflectância espectral da folha do amendoinzeiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 0 kg/ha e 0 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

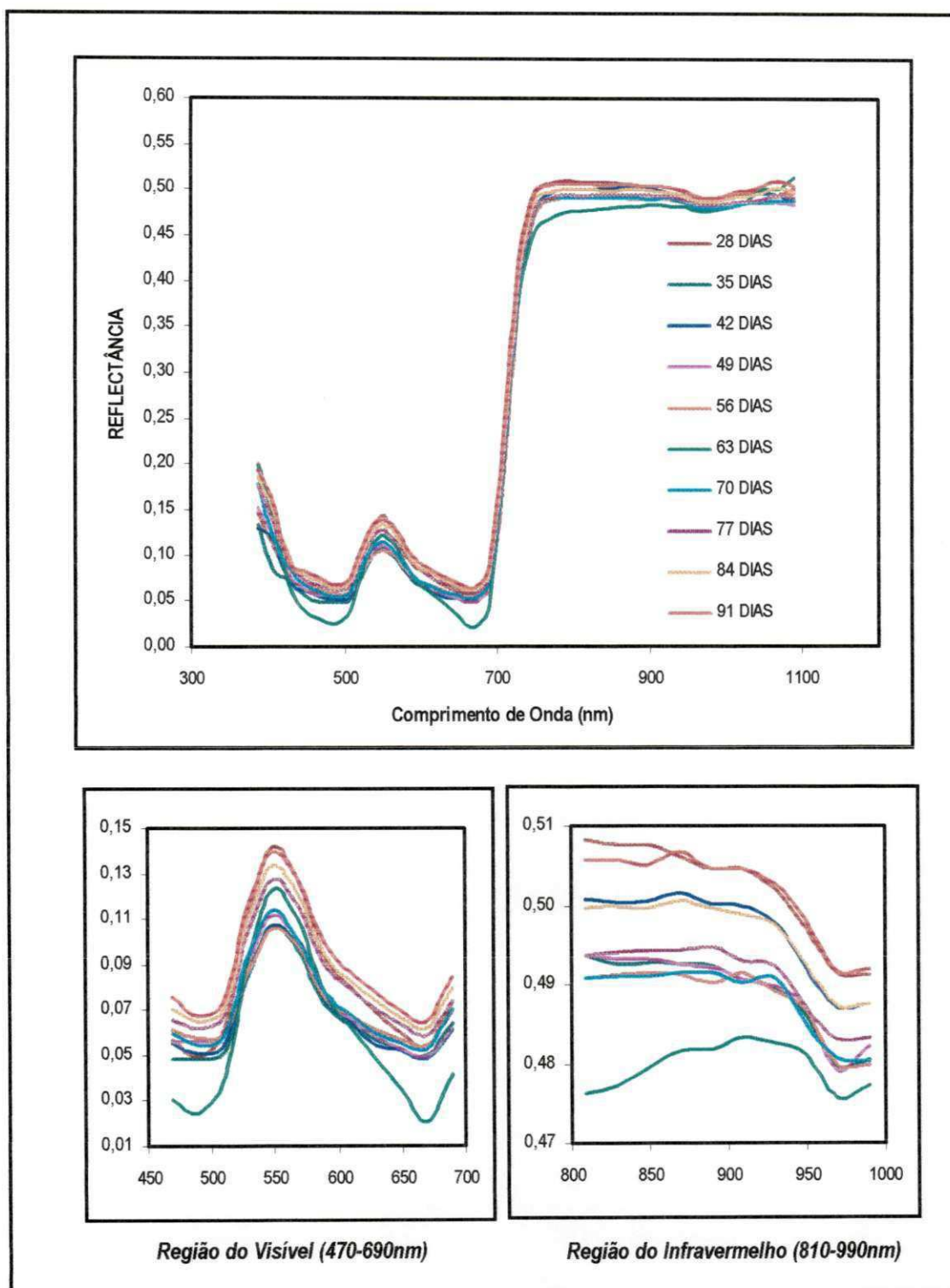


Fig. 4.5.1-9 - Curvas de reflectância espectral da folha do amendoineiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 300 kg/ha e 50 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

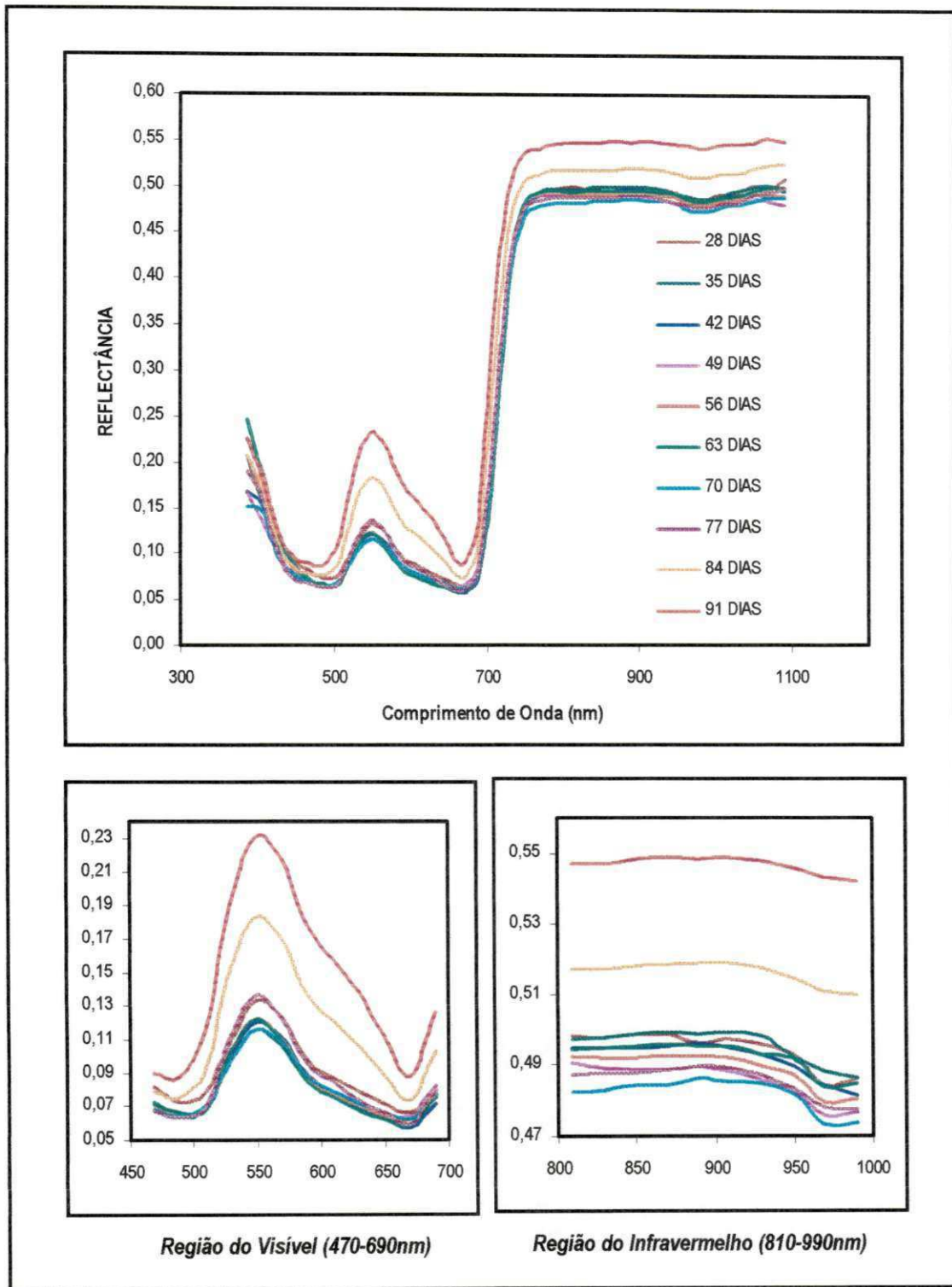


Fig. 4.5.1-10 - Curvas de reflectância espectral da folha do amendoazeiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 600 kg/ha e 100 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

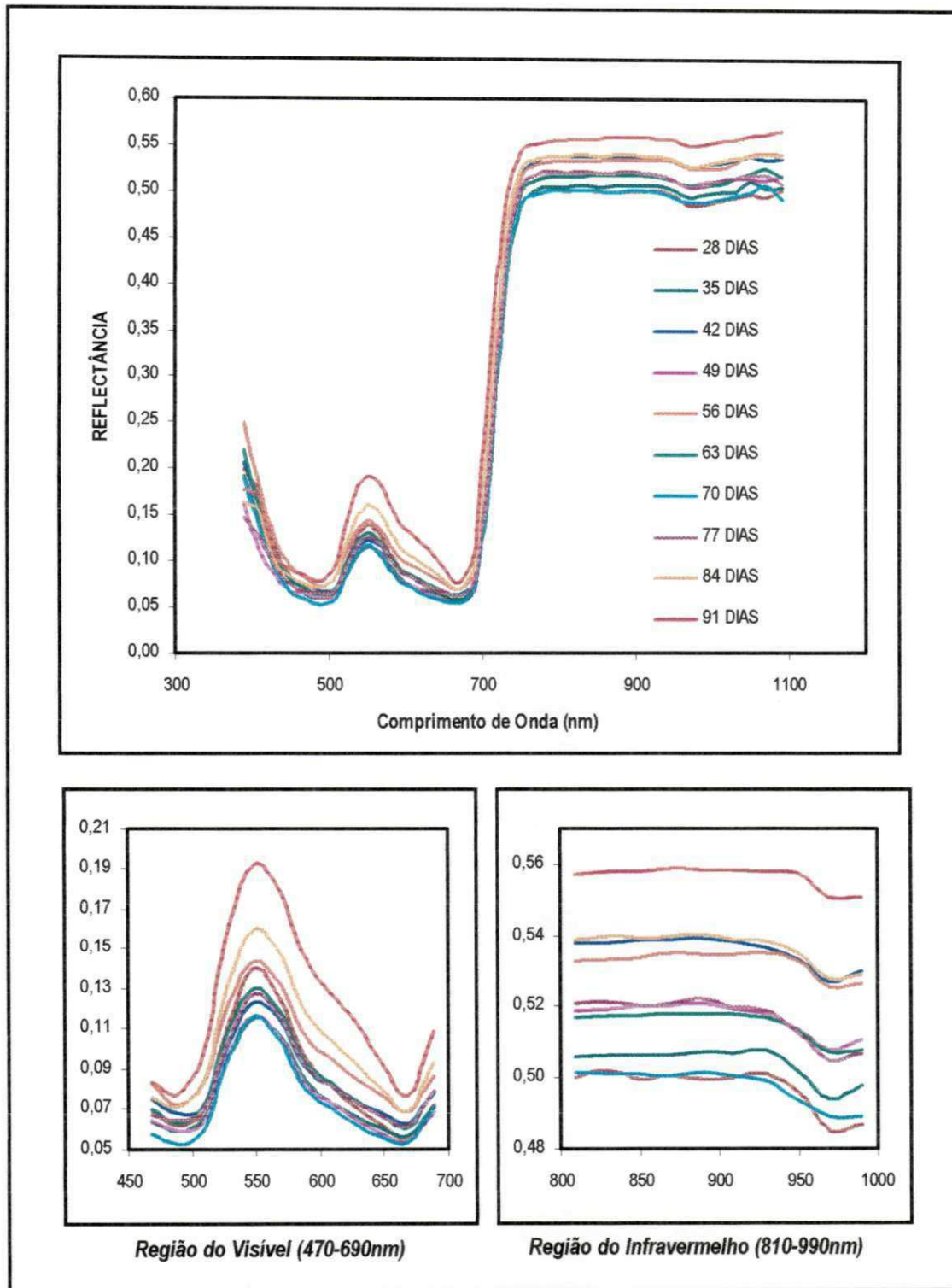


Fig. 4.5.1-11 - Curvas de reflectância espectral da folha do amendoineiro para os tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo são 900 kg/ha e 150 kg/ha, respectivamente, considerando vários dias após a emergência, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Para entender como a reflectância sofreu alterações em todo o ciclo vegetativo (dos 28 a 91 DAE), dividiu-se o espectro 400-1100nm em duas regiões: o visível (400-720nm) e o infravermelho próximo (720-1100nm); para cada uma dessas regiões foram retirados aos valores médios correspondentes. As Figuras 4.5.1-12 e 4.5.1-13 apresentam a variação da reflectância média da folha do amendoim na faixa do visível e do infravermelho próximo, respectivamente. Cada uma destas Figuras apresenta as curvas de todos os tratamentos, formando uma espécie de combinação. Por exemplo, a Figura 4.5.1.3-5[A] corresponde os tratamentos em que as doses de fósforo são 0kg/ha sendo as curvas correspondem as combinações das doses de cálcio 0, 300, 600, 900 e 1200kg/ha; portanto, tem-se a representação de cinco tratamentos para a representação da reflectância.

A constatação a respeito da região do visível (Figura 4.5.1-12) é que a reflectância apresenta-se quase estável, com pequenas variações até os 49 DAE; a partir desse valor, tem-se um crescimento até os 77DAE, porém, não tão marcante quanto ao que acontece a partir dos 77 DAE e os valores de reflectância são superiores a 0,1 (10%). Outra constatação, é que os tratamentos cuja dose de fósforo é de 0kg/ha, a faixa de crescimento não é evidente como os dos demais tratamentos. Todavia, procura-se um comportamento que revele uma espécie de modulação para as fases do amendoim.

Como na região do visível a reflectância espectral da folha é influenciada, principalmente, pelos pigmentos existentes na planta. Os pigmentos encontrados geralmente nos cloroplastos têm percentagens variáveis, são clorofila (65%), carotenos (6%) e xantotilas (29%) (Kumar, 1972). A clorofila é predominante na planta e trata-se do pigmento responsável fotossíntese. Daí, a deficiência de clorofila poderá ser reconhecida pela coloração pálida ou mesmo esbranquiçada da folha (clorose) que ocasiona uma considerável redução da intensidade fotossintética. Segundo Larcher (2000), a deficiência de clorofila muitas vezes ocorre no começo do desenvolvimento da folha, ou uma perda no balanço em relação ao abastecimento mineral. Apesar de estar se analisando a incorporação de nutrientes minerais, cálcio e fósforo do solo utilizando a folha da planta como órgão indicador e, a folha, pelo menos, não apresentar visualmente uma deficiência severa de alguns nutrientes, constata-se realmente a observação de Larcher. A planta no início do ciclo pelo seu próprio tempo de resposta com relação aos nutrientes do solo parece ter essa deficiência, pelo menos até os 35 DAE.

Larcher (2000), afirma que durante a floração e a frutificação de plantas cultivadas, um aumento da capacidade fotossintética é observado. Esta fase no que se refere a reflectância, poderia está sendo representada até o primeiro pico, aproximadamente, 42 DAE em que se teria o aparecimento dos ginóforos e um vale entre 70-77 DAE correspondente ao período crítico de enchimento dos grãos e o período de senescência aos 84 DAE. O período de senescência é caracterizado pela alta reflectância na região do visível, enfatizando a mudança de tonalidade do verde característica das plantas.

Quanto aos efeitos de cálcio e fósforo incorporados ao solo, a dose de 600kg/ha apresenta valores intermediários entre as doses que apresentam os valores máximos e mínimos de reflectância, indicando uma maior estabilidade e fases bem características do ciclo evolutivo do amendoim, especialmente, a fase de senescência e início do aparecimento dos ginóforos. Para o efeito do fósforo tem-se a dose de 0kg/ha e de 50kg/ha apresentam, na maioria, valores inferiores a 0,10 de reflectância, a dose de 100kg/ha apresenta valores em torno de 0,10 e a partir dos 56 DAE valores superiores a 0,10 e a dose de 150kg/ha apresenta valores médios em torno de 0,10 com algumas exceções, sendo que a partir dos 77 DAE os valores de reflectância são superiores a 0,10. Os efeitos bioquímicos sobre a fotossíntese e a respiração acontecem porque os minerais são componentes integrantes das enzimas e pigmentos ou, ainda, ativadores do processo fotossintético.

A influência do estado nutricional da planta sobre a fotossíntese e a respiração ocorre de muitas maneiras. Em solos que há uma séria deficiência mineral, o suprimento de nutrientes para a fotossíntese é menos decisivo que as condições climáticas. No entanto, quase sempre maiores taxas fotossintéticas são conseguidas por meio da adubação (Larcher, 2000).

É óbvio que a representação da reflectância do visível, refere-se a um valor médio, este por sua vez é uma composição das influências dos pigmentos: clorofila, carotenos e xantofilas com suas bandas de absorção. Para melhor identificar os componentes minerais cálcio e fósforo, em termos de reflectância, deve ser usado o pico correspondente ao comprimento de onda de 550 μ m e, quanto à absortância, os comprimentos de 450 e 650nm que correspondem aos centros das bandas de absorção dos carotenos e da clorofila, respectivamente; analisados mais adiante.

A região do infravermelho (720-1100nm), está relacionada a estrutura interna da folha. A evidência do mecanismo de reflexão interna é muito forte, devido à drástica redução da reflectância quando a folha está infiltrada por água. A explicação dada para este fato é que a água que preenche as cavidades forma um meio líquido no interior da folha, acarretando uma diminuição das diferenças no índice de refração da folha, aumentando a transmitância e, assim, diminuindo a reflectância.

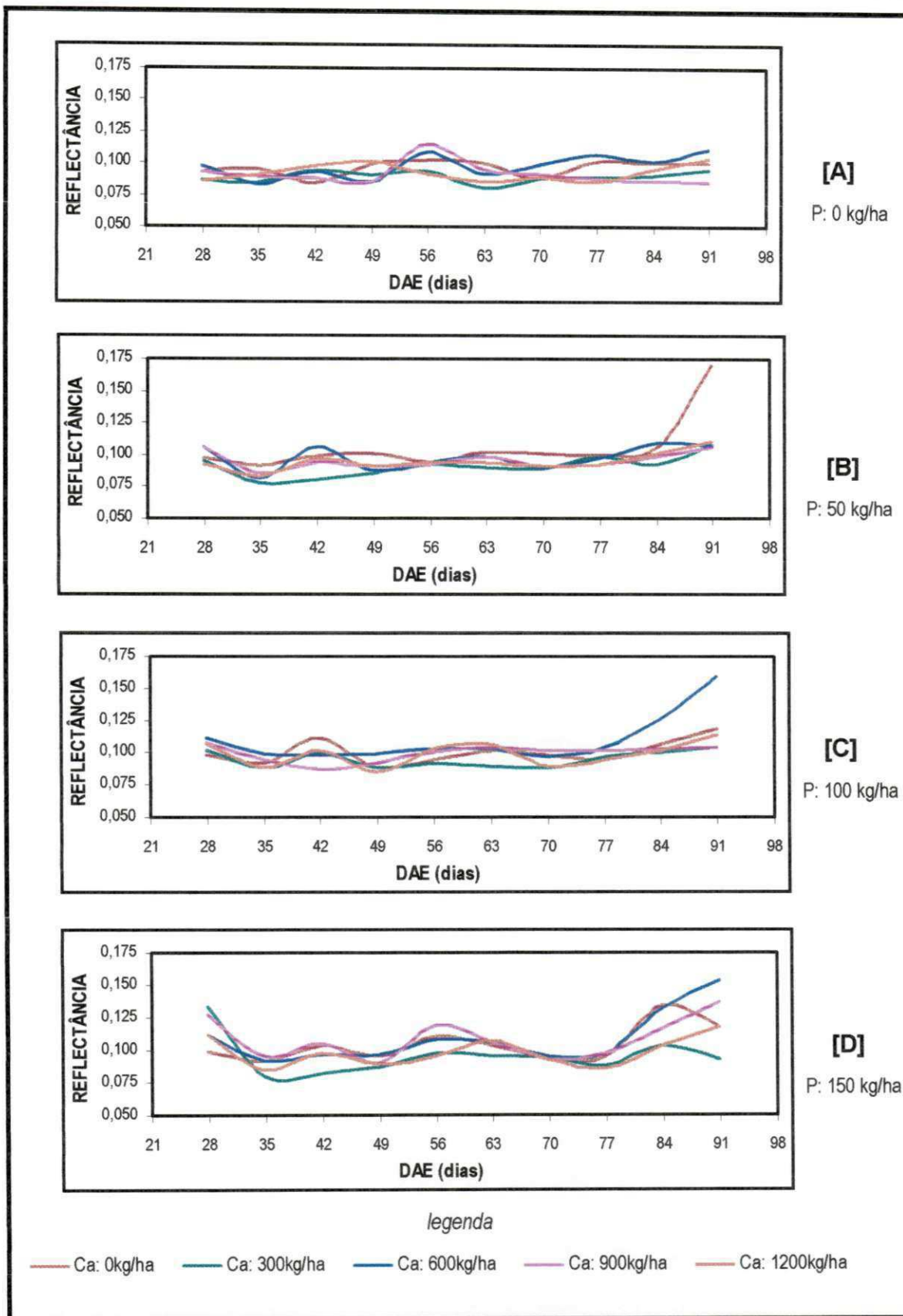


Fig. 4.5.1-12 - Variação da reflectância média da folha do amendoineiro na faixa do visível (400-720nm) com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.

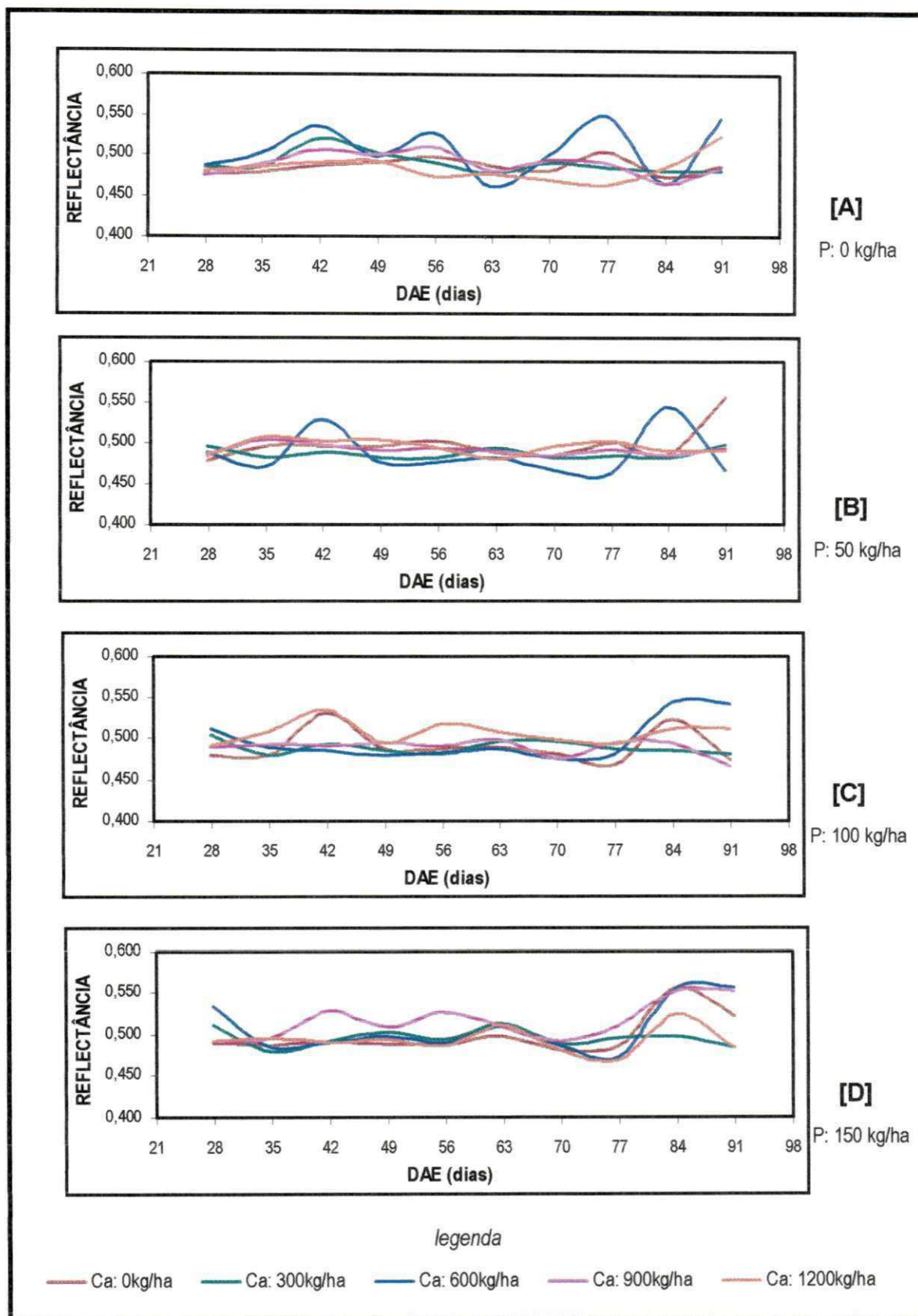


Fig. 4.5.1-13 - Variação da reflectância média da folha do amendoineiro na faixa do infravermelho próximo (720-1100nm) com o tempo para os tratamentos, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002. Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.

4.5.2 - ABSORTÂNCIA

Durante a passagem da radiação pela folha esta atravessa sucessivas camadas de células e sua intensidade declina exponencialmente (Larcher, 2000). Nos espaços intercelulares a radiação é totalmente refletida. A folha absorve de acordo com sua estrutura e quantidade de cloroplastos.

A absorção na faixa do visível depende dos pigmentos dos cloroplastos e tem o seu máximo coincidente com o valor das clorofilas, dos carotenóides e das xantofilas. Segundo Ferri (1979), os pigmentos que ocorrem em plantas superiores associados à transferência de energia são: a clorofila-a, a clorofila-b, o α -caroteno, o β -caroteno, o luteol e o violoxantol. A clorofila-a tem cor verde-azulada, enquanto a clorofila-b é de cor verde, em que as estruturas são basicamente as mesmas. Já os carotenóides são amarelos ou alaranjados representados pelos carotenos (hidrocarbonetos) e carotenóis (álcoois), como o luteol e violoxantol. Estes últimos também recebem a denominação de xantofilas.

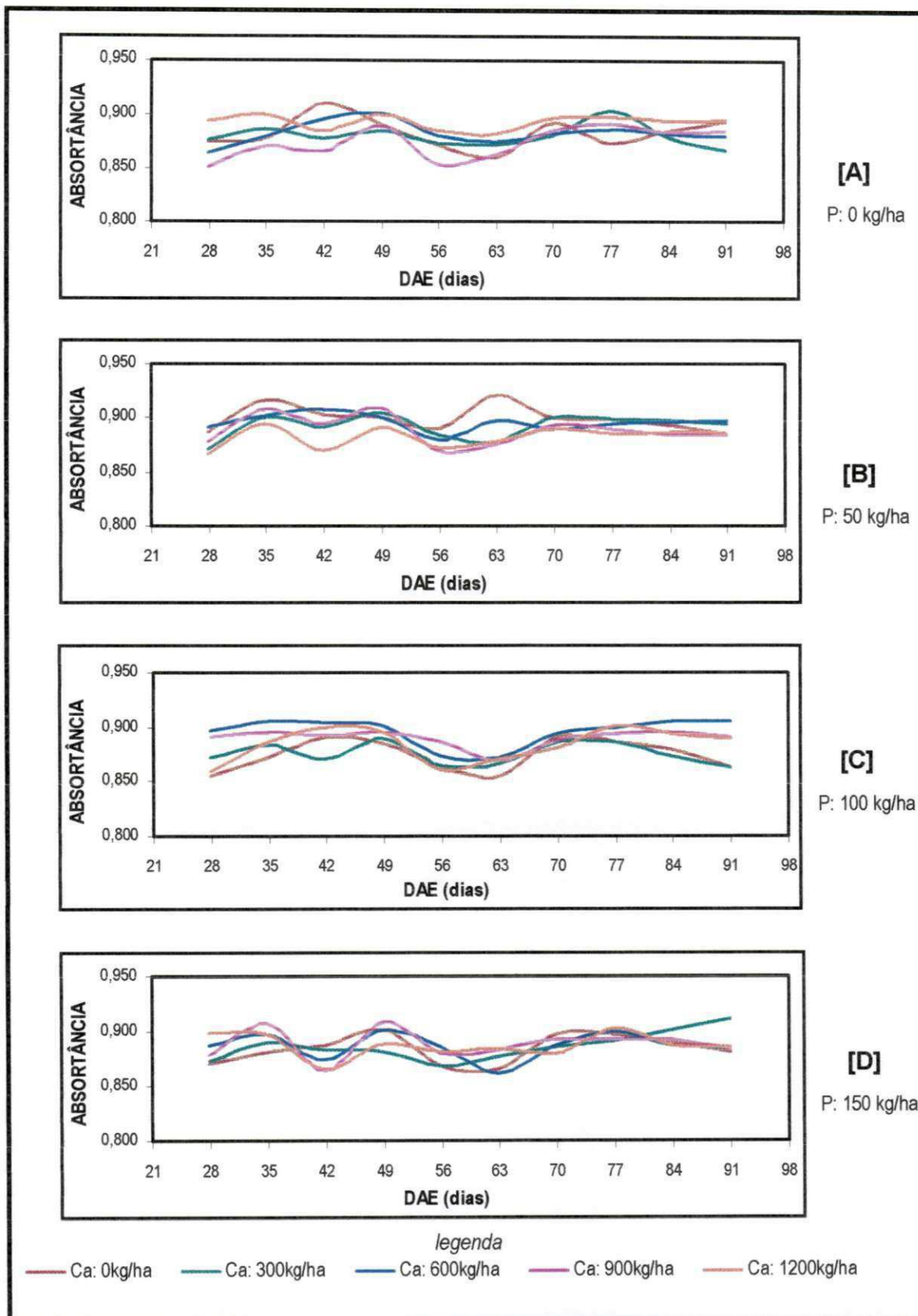
Os pigmentos predominantes têm picos de absorção em 450nm, mas somente a clorofila tem pico em 645nm. Por esse motivo, selecionou a absorção nos comprimentos de onda de 450nm e 645nm no decorrer do ciclo da cultura, já que a deficiência mineral ou alteração na proporção dos elementos nutritivos afeta o conteúdo de clorofila e o número, o tamanho e ultra-estrutura dos cloroplastos, e como coloca Larcher (2000) mesmo que o elemento não seja constituinte da molécula da clorofila. Adicionalmente, a nutrição mineral afeta as trocas gasosas por meio dos efeitos sobre a morfogênese (isto é, crescimento, tamanho e estrutura das folhas, dos ramos e das raízes) e, sobretudo, o tempo de duração da folha. Por exemplo, sob deficiência de nitrogênio desenvolvem-se pequenas folhas com o movimento estomático prejudicado. Por outro lado, uma oferta excessiva de nitrogênio causa aumento na respiração e, portanto, um menor rendimento fotossintético.

Nas Figuras 4.5.2-1, 4.5.2-2, 4.5.2-3 e 4.5.2-4 apresentam a absorptância nos comprimentos de onda de 450nm e 650nm, ao longo do ciclo da cultura do amendoim. Sendo as Figuras 4.5.2-1 e 4.5.2-3, a absorptância em 450 e 650nm, respectivamente; correspondente a análise das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo e, as Figuras 4.5.2-2 e 4.5.2-4 a absorptância em 450 e 650nm, respectivamente, correspondente à análise das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio.

Assim, como aconteceu com a reflectância média do visível aconteceu com a absorvância nos comprimentos de onda de 450 e 650nm em que se tem um espécie de modulação com cristas e vales de acordo com a fase de crescimento da planta do amendoim. Sendo estas fases melhor caracterizadas no comprimento de onda de 450nm, em que se tem a contribuição da absorção de todos os pigmentos do que no comprimento de onda de 650nm, em que se tem apenas a contribuição da clorofila. Além disso, as diferenças entre os tratamentos se mostram mais contrastantes no que se refere à amplitude da absorvância no comprimento de 450nm.

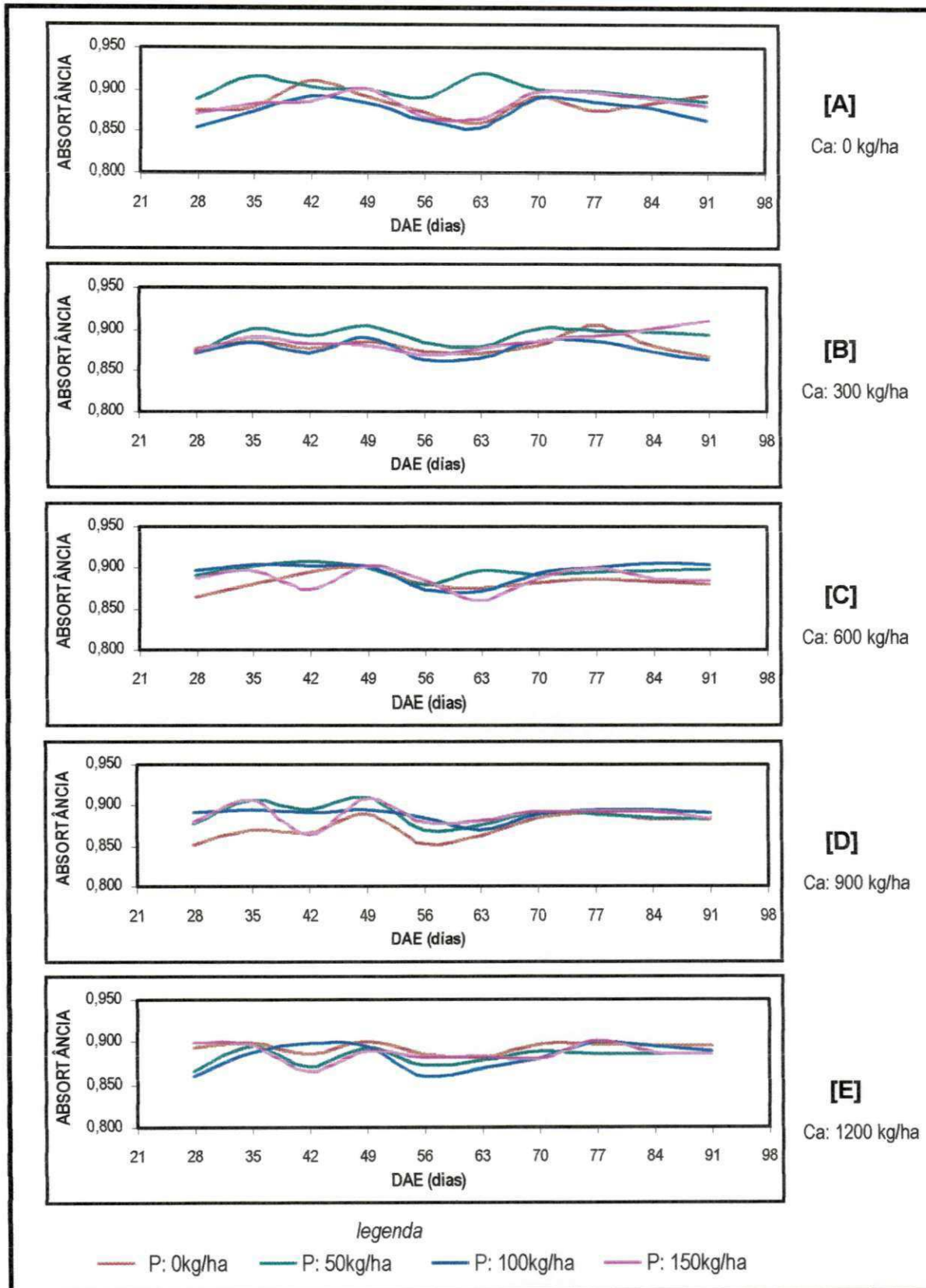
O fato que chama atenção na comparação das Figuras é que, a partir de aproximadamente 77DAE, tem-se, no geral, um decréscimo na absorvância em todos os comprimentos de onda, sendo alguns mais acentuados que outros. Este decréscimo, referente ao conteúdo de clorofila, nos estágios finais já era esperado (Gausman et al. 1969), sendo explicado pelo decréscimo na produção da clorofila (senescência).

Através das Figuras 4.5.2-1 à 4.5.2-4, observa-se ser difícil estabelecer qual é o tratamento que apresenta o metabolismo balanceado, com a quantidade ótima de nutrientes minerais. Entretanto, mesmo com esta dificuldade, existem diferenças nos valores de absorvância, ora como estado de deficiência, ora como estado ótimo, ora como estado de luxo e ora como estado de toxidez, em comparação com a curva em que houve ausência de um dos nutrientes estudados, ou seja, 0kg/ha de fósforo ou 0kg/ha de cálcio. Além da dificuldade nas análises das curvas, é importante ressaltar que suas análises dependerão do Fator mínimo ou Lei de Liebig e devido à variação temporal tem-se o momento em que as partes vegetativas da planta (a folha, por exemplo) estão completamente formadas, ocorrendo um equilíbrio entre a assimilação de carbono e a incorporação de minerais. Também se tem que todos os tratamentos apresentam-se como vegetação verde sadia, sem uma deficiência severa de nutrientes. Fato que pode ser comprovado pelos tratamentos em que as doses de cálcio e fósforo foram nulas.



4.5.2-1- Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo na variação temporal da absorvância da folha do amendoimzeiro no comprimento de onda de 450nm, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.



4.5.2-2- Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio na variação temporal da absorvância da folha do amendoizeiro no comprimento de onda de 450nm, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Tratamentos em que as doses de cálcio são [A] 0 kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha.

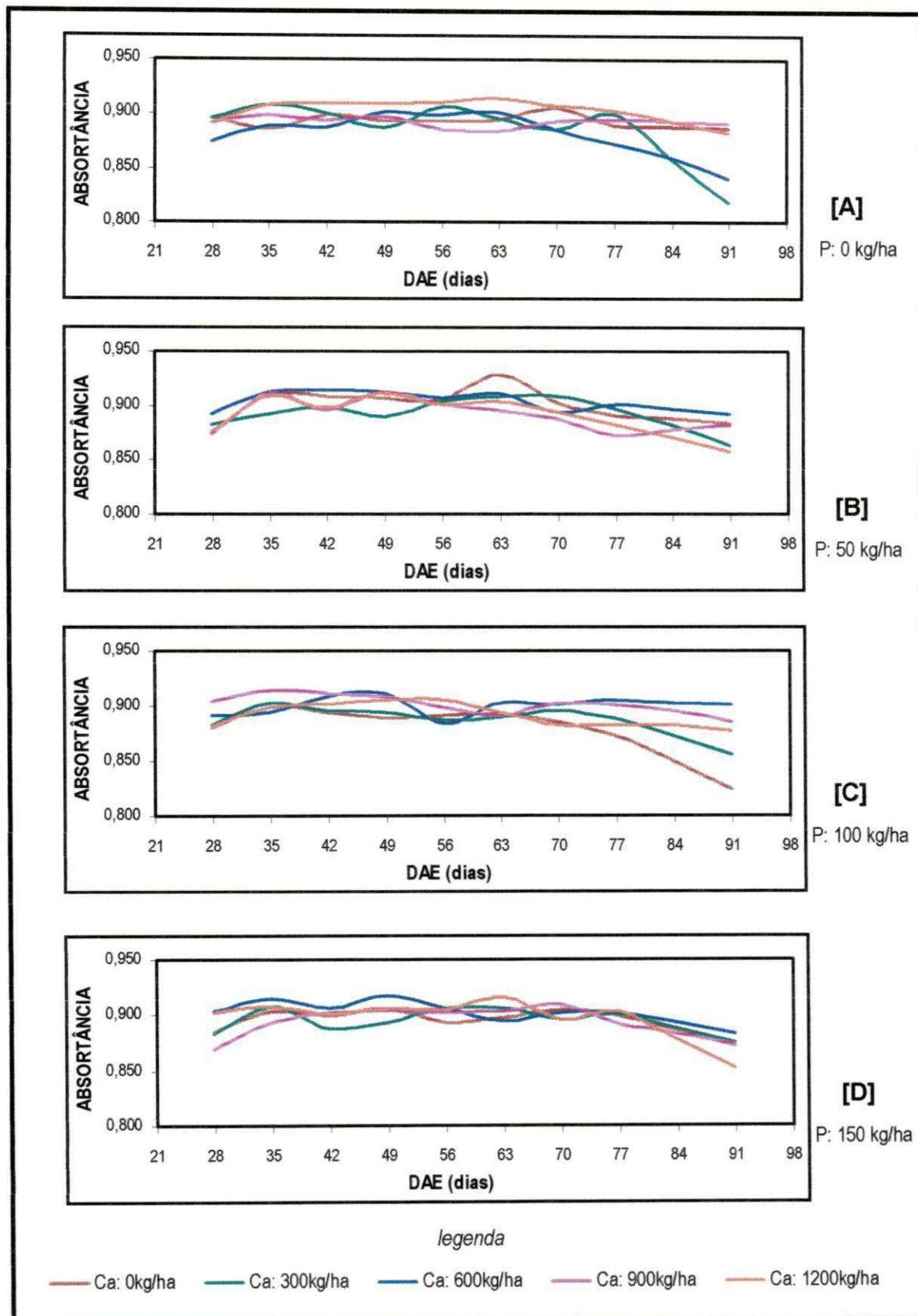
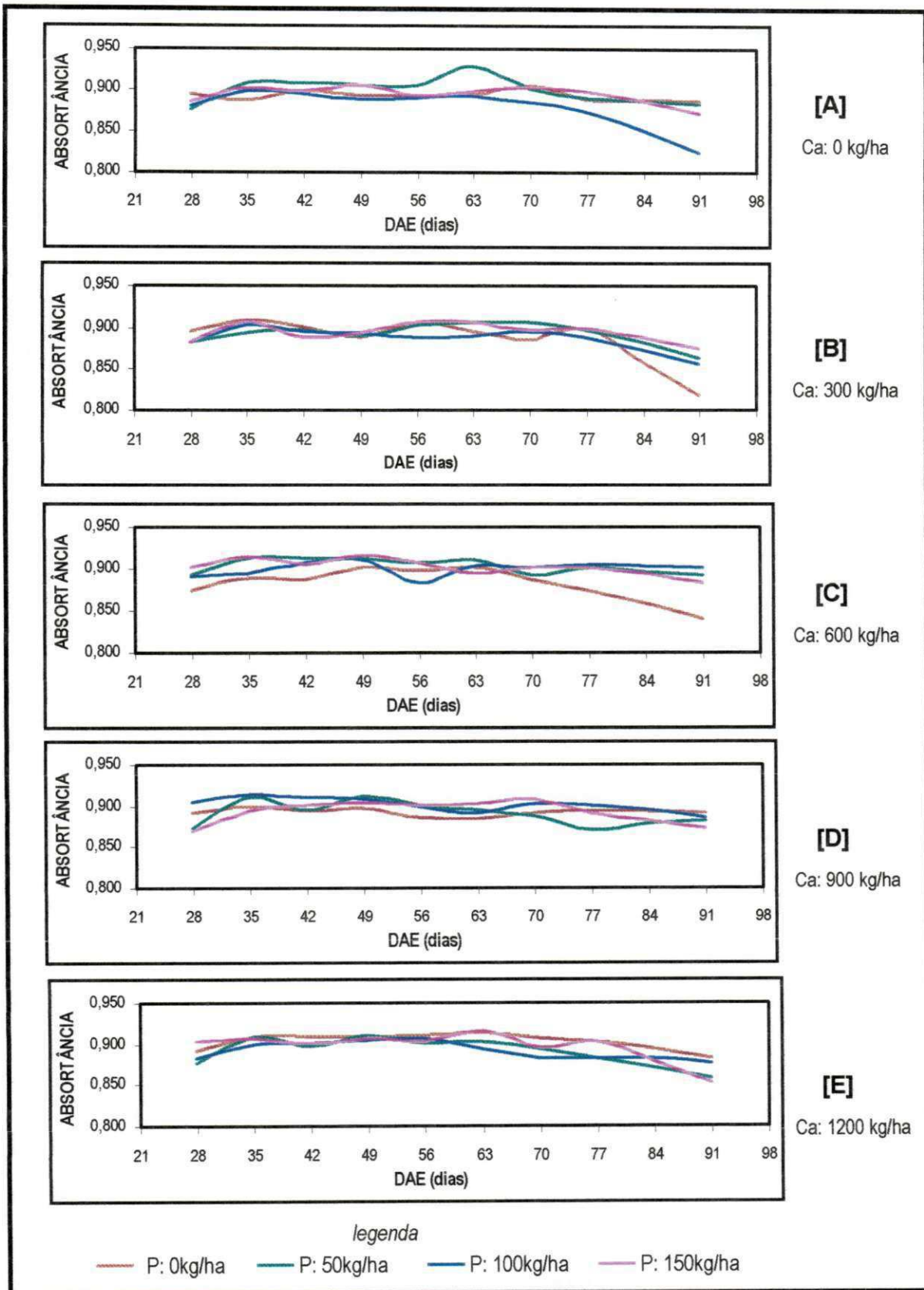


Fig. 4.5.2-3 - Influência das doses de cálcio dentro de cada dose de fósforo na variação temporal da absorvância da folha do amendoineiro no comprimento de onda de 650nm, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Tratamentos em que as doses de fósforo são [A] 0 kg/ha, [B] 50 kg/ha, [C] 100 kg/ha e [D] 150 kg/ha.



4.5.2-4- Influência das doses de fósforo dentro de cada dose de cálcio na variação temporal da absorvância da folha do amendoineiro no comprimento de onda de 650nm, em condições de casa-de-vegetação, Campina Grande-PB, 2002.

Tratamentos em que as doses de cálcio são [A] 0 kg/ha, [B] 300 kg/ha, [C] 600 kg/ha, [D] 900 kg/ha e [E] 1200 kg/ha.

4.5.3 – SUPERFÍCIES DE RESPOSTAS DA REFLECTÂNCIA

Da mesma forma que se buscou o ajuste de superfícies de respostas para as variáveis de desenvolvimento e agronômicas em função das doses de cálcio e de fósforo, ajustaram-se superfícies de respostas para a reflectância média na região do visível e do infravermelho próximo aos 28, 63 e 84 DAE, totalizando seis superfícies de respostas. Os coeficientes de regressão, correspondentes às regiões do visível e do infravermelho próximo, estão exibidos nas Tabelas 10-1E e 11-1E (Anexos), respectivamente.

Nas regiões do visível e do infravermelho próximo têm diferenças marcantes tanto no comportamento dos coeficientes de regressão, como na forma das curvas para os vários dias considerados. O único comportamento que se assemelha nos três dias estudados são as doses de fósforo, em que à medida que aumenta, provoca um aumento da reflectância do visível. Para o comportamento das doses de cálcio, têm-se variações contrastantes, um efeito polinomial quadrático aos 28 DAE, um efeito de uma reta com inclinação positiva aos 63 DAE e um efeito de uma reta com inclinação negativa aos 84 DAE.

Embora, existiu uma superfície de resposta para os dias em questão, estas superfícies não têm diferenças marcantes para a retirada de conclusões. Além disso, se considerar outros dias de coleta, não se conseguiu ajuste de superfícies e àqueles com superfícies de comportamentos diferentes aos aqui colocados. Então, parece que as superfícies quadráticas, mesmo com bons valores do coeficiente de regressão parecem não descrever muito bem o fenômeno da interação da radiação com a folha, ou se faz necessário à realização de vários experimentos para uma conclusão definitiva, ou pelo menos como ponto de partida detectar o melhor dia para identificar as relações de nutrição e reflectância. Por isso, omitiu-se a representação gráfica das mesmas.

Mesmo com as superfícies de respostas não apresentando o comportamento esperado, tanto na região do visível como do infravermelho próximo, pode-se tirar uma dedução interessante a respeito dos nutrientes cálcio e fósforo, principalmente, aos 63 e 84 DAE devido o termo quadrático (P^2). Daí, este fato pode evidenciar as diferenças entre os nutrientes primários e secundários. Embora, todos sejam importantes, o fósforo trata-se de um nutriente primário.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

1. As adubações cálcica e fosfatada aumentaram de 78,3% a produção do amendoim, devido ao número de vagens.
2. A adubação cálcica não exerceu influência e a fosfatada não exerceu efeito benéfico no teor de óleo da semente.
3. As doses médias de maior produção para o cálcio e o fósforo são 600kg/ha e 100kg/ha, respectivamente, considerando o CaSO_4 e P_2O_5 , que necessitam serem avaliadas em condições de campo.
4. A máxima produção, correspondente a dose de 600kg/ha de CaSO_4 foi alcançada quando o pH do solo, após o ciclo da cultura foi em torno de 7,1.
5. O efeito residual do solo (fator h) para os nutrientes cálcio e fósforo foram de 0,151 e 0,050, respectivamente. Assim, se considerassem as doses recomendadas para um segundo ciclo, haveria comprometimento da produção.
6. As adubações cálcica e fosfatada exerceram melhorias no aspecto visual das vagens, alterando o comprimento e largura das mesmas.
7. O crescimento das plantas do amendoim acompanhado pelas variáveis: altura, diâmetro caulinar e área foliar não sofreram alterações devido à adubação cálcica. Apenas, a adubação fosfatada exerceu efeito na altura das plantas, sendo a dose de 50kg/ha de P_2O_5 a que proporcionou os maiores valores. Entretanto, quando se trata da interação entre as adubações cálcica e fosfatada esta exerceu efeito no diâmetro caulinar e na área foliar das plantas.
8. A ordem de absorção dos macronutrientes pelas folhas do amendoim, ao final do ciclo da cultura, foi: cálcio, nitrogênio, potássio, magnésio e fósforo.
9. As respostas espectrais das plantas do amendoim, em todos os tratamentos testados, seguem padrões típicos da vegetação verde, e sofrem mudanças nos valores de

reflectância e absorvância conforme as variações das doses dos nutrientes cálcio e fósforo aplicados ao solo, principalmente na região do visível do espectro eletromagnético.

10. A adubação fosfatada (fósforo, nutriente primário) contribui de maneira mais significativa do que a adubação cálcica (cálcio, nutriente secundário), nas alterações dos valores de reflectância.

RECOMENDAÇÕES

1. Fazer rotações com outras culturas, devido ao comportamento do material do solo num segundo ciclo do amendoim (fator h).
2. Elaborar estudos com relação à prática de rotação de culturas usando o amendoim, para uma avaliação mais definitiva a respeito do efeito residual do solo.
3. Conduzir o experimento em condições ecofisiológicas em diversos ambientes, considerando o solo e o clima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, J. J. R.; GRIMM, S. S. Avaliação do efeito residual da calagem e da adubação fosfatada num oxissolo, durante três anos de cultivo. *Agron, Sulriograndense*, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 105-127, 1975.

ACUNA, E. J.; SANCHEZ, P. C. Respostas do amendoim à aplicação do nitrogênio, fósforo e potássio no solo franco-arenoso de Savana no Estado de Managa. *Fertilité*, Paris, v.35, n.3-9, 1969.

AGUIAR, J. C.; PITOMBEIRA, J. B.; NUNES, R. P.; PAULA, P. H. F. Controle químico de plantas daninhas do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) no estado do Ceará. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 23, n.1/2, p. 53-63, 1997.

ALMEIDA, F. A. C.; GURJÃO, K. C. O.; SANTOS R. C. S; QUEIROGA, V. P.; VALE, L. V. Qualidade fisiológica e substâncias de reservas em sementes de amendoim produzidos no semi-árido nordestino. *Rev. Oleog. Fibr.*, Campina Grande, v.1, n.1, p. 7-18, dez, 1997.

ALMEIDA, R. P.; SOUZA, R. N.; LEÃO, A. C. ; MESQUITA, C. K. Efeitos de épocas e níveis de desfolha artificial sobre os caracteres agroindustriais da cultura do amendoim cultivar IAC POITARA. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Campina Grande, PB). *Relatório técnico anual*. 1990/1991. Campina Grande, 1992. p. 437-441.

AMENDOIM: Amendoim 1^a e 2^a Safras – *Previsão de acompanhamento de safras*, v. 19, n. 4, p. 13-14, 1995.

APHA (American Public Health Association), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th Ed., Washington D. C., 1998. 1527p.

ARORA, S. K.; SAINI, J. S.; GANDHI, R. C.; SANDHU, R. S. Study of chemical composition and yield of groundnut as affected by *Rhizobium* inoculation. *Oléagineux*. Paris, v. 25, n. 5, p. 279-280, 1970.

ARRUDA, N. B.; BRITTO, D. P. P. Adubação mineral do amendoim. I. Ensaio em solos das séries Itaguaí e Ecologia. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 7, p. 143-148, 1972.

AYRES, R. S.; WESCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*, Campina Grande: UFPB, 1991, Estudos da FAO, 218p.

BARBOSA, M. P. *Sensoriamento remoto aplicado ao estudo dos recursos naturais e meio ambiente*. Publicação Interna, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 2000, p. irr.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. C.; ARAÚJO, J. M.; SANTOS, J. W.; OLIVEIRA, S. R. M. Diagnóstico preliminar da cultura do amendoim no Estado da Paraíba. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Campina Grande, PB). *Relatório técnico anual 1992-1993*. Campina Grande, 1994a p. 384-386.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. C.; ARAÚJO, J. M.; SANTOS, J. W.; OLIVEIRA, S. R. M. Diagnóstico preliminar da cultura do amendoim no Estado da Bahia. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Campina Grande, PB). *Relatório técnico anual 1992-1993*. Campina Grande, 1994b p. 381-383.

BELL, M. J.; WRIGHT, G. C.; HAMMER, G. I. Night temperature effects radiation use efficiency in peanut. *Crop Science*, v. 32, p. 1329-1335, 1992.

BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIREDO, I. C. M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.3 p. 547-552, 2002.

BLACKMAN, P.A.; ROCHESTER, E. W.; HAMMOND, J. M. Effects of irrigation on peanut disease. *Proc. Amer. Peanut Res. & Educ. Assoc.* V. 10, p. 68. Abstr., 1978.

BONATO, C. M.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; VENEGAS, V. H. A. Efeito do alumínio sobre a absorção, a partição e utilização do enxofre em sorgo. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, v. 12, n.1, p. 17-24, 2000.

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; MISHOE, J. W.; WILKERSON, G. G. Modeling growth and yield of groundnut. In: *Agrometeorology of Groundnut*. Proceedings of an International

Symposium. ICRISAT Sahelian Center: Niamey, Niger, ICRISAT, Patancheru. Andhra Pradesh, India, 1986. p. 243-255.

BORGES, A. L.; CARVALHO, E. F.; GOMES, J.; GOMES J. C.; CARVALHO NETO, J. C.; PERREIRA NETO, J. C. S.; PEREIRA, J. R.; SOUZA, L. F. S.; SANTANA, M. B. M.; ROSANDE, P. C.; INGLE, W. D. G.; AMARAL, W. *Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia*. Salvador. EMBRAPA /CEPLAC /NITROFERTIL /EPABA /EMATER-BA, 1989. 174 p.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R., OLIVEIRA Jr., A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BOWER, D. E.; DAVIS, R. E.; MYRICK, D. L.; STOCY, K.; JONES, W. T. *Spectral reflectances of natural targets for use in remote sensing studies*. Hampton (Nasa reference publication 1139). 1985, 181p.

BOYD, D. S.; FOODY, G. M.; CURRAN, P. J.; LUCAS, R. M.; HONZAK, M. An assessment of radiance in Landsat TM middle and thermal infrared wavebands for the detection of tropical forest regeneration. *Inter. J. Remote Sensing*, v. 17, n. 2, p. 249-261, 1996.

BRITO, D. P. P. S.; ARRUDA, N. B.; NERY, C. EIRA, P. Estudo de fatores fracionados em ensaios de adubação mineral do amendoim. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 8, p. 143-151, 1973.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. *Bragantia*, Campinas, v. 57 n.1, p. 175-184, 1998.

CASSOL, P. C.; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Fração de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. *Rev. Bras. Cienc. do Solo*, v. 25, p. 635-644, 2001.

CERQUEIRA, J. M. C. *Agricultura: solos e clima*, Lisboa, Portugal, Coleção Agros, 1986. 161p.

- CHAHAL, R. S.; VIRMANI, S. M. Uptake and translocation of nutrients in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) I. Calcium, *Oléagineuse*, v. 4, p. 181-184, 1976.
- CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A. MIYAZAWA, M. Disponibilidade de cálcio para cafeeiro em solos ácidos. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (resumo), II, *Anais...*, Londrina, 1984. p. 38-39.
- CHEHBOUNI, J. Q.; HUETE, A. R.; KERR, Y. H.; SOROOSHIAN, S. A modified soil Adjusted vegetation Index. *Remote Sens. Environ.*, v 48, p. 119-126, 1994.
- CHESNEY, H. A. D. Fertilizer studies with groundnuts on the brown lands of Guyana. *Agron. Jor.*, n. 67, p. 10-14, 1975.
- COELHO, F. A. S.; TELLA, R. Absorção de nutrientes pela planta do amendoim em cultura de primavera. *Bragantia*, n. 26, p. 393-408, 1967.
- COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. *Fertilidade do solo*. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.
- COLWELL, J. D. *The optimal use of fertilizers*. DMQ-EMBRAPA, Brasília, 1981.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SNLCS, 1997, 212p.
- ENYI, B. A. C. Physiology of grain yield in groundnuts (*Arachis hypogaea*). *Exp. Agric.*, v. 13, p. 101-110, 1997.
- EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. T. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, jun., 1996.
- ESAU, K. *Plant Anatomy*, 2ª Ed., New York, Jonh Wiley, 1965. 480p.
- FARIAS, S. R.; NARAIN, N.; FREIRE, R. M. M.; QUEIROZ, M. S. R. Composição do óleo de amendoim do grupo botânico spanish e sua relação oléico/linoléico. *Rev. Oleag. Fibrosa*, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 373-379, mai-ago, 2001.

FERNÁNDEZ, S.; VIDAL, D.; SIMÓN, E.; SOLÉSUGRAÑES, L. Radiometric characteristics of *Triticum Oestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 15, n.9, p. 1867-1884, 1994.

FERREIRA, P. V. *Estatística experimental aplicada à agronomia*, 2ª Ed., Maceió, EDUPAL, 1996. 604p.

FERRI, M. G. *Fisiologia Vegetal*, V. 1, São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

FIDELES FILHO, J. *Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas a cultura do amendoim sob diferentes níveis de irrigação*. Universidade Federal da Paraíba, Tese de Doutorado (Recursos Naturais), Campina Grande-PB, 1997. 97p.

FIGUEIREDO, D. J. C. *Comportamento e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim, nos Estados da Paraíba e Pernambuco*. Universidade Federal da Paraíba, Dissertação de Mestrado (Produção vegetal), Areia-PB, 1992. 54p

FITTER, A. H.; HAY, R. K. M. *Environmental physiology of plants*. Academic Press, New York, 1981. p. 7-55.

FONSECA, E. L.; ROSA, L. M. G.; FONTANA, D. C. Caracterização Espectral de *Paspalumnotatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Pes. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 3, p. 365-371, mar, 2002.

FORNASIERI, J. L.; FERREIRA, M. E.; VITTI, G. C.; FORNASIERI FILHO, D. Efeitos do uso de calcário e de gesso sobre algumas características produtivas do amendoim (*Arachis hipogaea*, L.) “das águas”. *Científica*, v. 15, n.1-2, p. 45-54, 1987.

FREIRE, M. L. F. *Correção atmosférica em imagens landsat contaminadas por efeito de adjacência*. Universidade Federal da Paraíba, Dissertação de Mestrado (Meteorologia), Campina Grande-PB, 1996, p. 42-49.

FREIRE, R. M. M.; NARAIN, N.; MOREIRA, R. A.; SANTOS, R. C.; FARIAS, S. R.; QUEIROZ, M. S. R. Composição centesimal de sementes de amendoim de três tipos botânicos. *Rev. Oleog. Fibr.*, Campina Grande, v.1, n.1, pg. 135-142, dez., 1997.

FREIRE, R. M. M.; NARAIN, N.; MOREIRA, R. A.; SANTOS, R. C.; FARIAS, S. R.; QUEIROZ, M. S. R. Aminoácidos essenciais em genótipos de amendoim do tipo botânico valência. *Rev. Oleog. Fibr.*, Campina Grande, v.2, n.1, pg. 89-96, jan-abr., 1998.

FUZATTO, M. G. Adubação mineral. *In: Cultura e adubação do algodoeiro*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. p. 475-508.

GARCIA, G. J. *Sensoriamento remoto: princípios e interpretações de imagens*. São Paulo, Editora nobel, 1982.

GARDNER, B. R. *Techniques for remotely monitoring canopy development and estimating grain yield of mixture stressed corn. CAMAC progress report 83-9*. Center for Agricultural Meteorology and Climatology. The Institute for Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska Lincoln, 1986.

GARGANTINI, H.; TELLA, R.; CONAGIN, A. Ensaio da adubação NPK em amendoim. *Bragantia*, Campinas, v. 17, n.1, p.1-12, 1958.

GATES, D. M.; KEEGAN, H. J.; SCHLETER, J. C.; WEIDNER, V. R. Spectral properties of plants. *Applied Optics*, v. 4, n. 1, p. 11-20, 1965.

GATES, D. M. Physical and physiological properties of plants. Remote sensing with special reference to agriculture and forestry. *National Academy of sciences*. Washington D.C., 1970, p. 224-252.

GAUSMAN, H. W.; ALLEN, W. A.; MYERS, V. I. CARDENAS, R. Reflectance and internal structure of cotton leaves, *Gossypium hirsutum* L., *Agronomy Journal*, v. 61, p. 374-376, 1969.

GILLIER, P.; SILVESTRE, P. El cacahuete o mani, *Barcelona*, Blume, 1970, 281p.

GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. *Anais do Seminário fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes*. Situação atual e perspectiva na agricultura, São Paulo, Manahsia, p. 21-60, 1986.

GOLDSWORTHY, P. R.; FISHER, N. M. *The physiology of tropical field crops*, New York, John Wiley & Sons, 1984. p 453-493.

- GREGORY, W. C. SMITH, B. W.; YARBROUER, J. P. Morphology, genetics and breeding. In: *Symposium the peanut the unpredictable legume*. Washington., 1951. Proceedings. Washington. National Fertilizers Association, 1951, p. 28-88.
- GREGORY, W. C.; GREGORY, M. P.; KRAPOVICKAS, A.; SMITH, B.W.;YARBRPYGH, J. A. Structures and genetic resources of peanuts. In: *Peanuts: culture and uses*. Stillwater, Oklahoma, 1973. p. 47-128.
- HAMAR, D.; FERENCZ, C.; LICHTENBERGER, J.; TARCSAI, G.; FERENCZ-ÁRKOS, I. Yield estimation for corn and wheat in the Hungarion great plains using Landsat MSS data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 17, n. 9, p. 1689 – 1699, 1996.
- HAMMONS, R. O. *Peanut Science and Techology*, Yoakum, Texas: American Peanut Research and Education Society, 1982. p. 1-20.
- HERNANDEZ, F. B. T.; BELLINGIERI, P. A.; SOUZA, E. C. A.; BARBOSA, J. C. Adubação fosfatada e potássica em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), *Científica*, São Paulo, v. 19, n.1, p. 15-27, 1991.
- HESKETH, J. D.; JONES, J. W. Integrating traditional growth analysis techniques with recent modeling of carbon and nitrogen metabolism. *Predicting photosynthesis for ecosystem models*. CRC Press, Boca Raton, Florida, v. 1, p. 51-92, 1980.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. *Qualidade da água para irrigação*, In: Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997, p. 137-169.
- HUETE, A. R. Soil-dependent spectral response in a developing plant canopy. *Agronomy Journal*, n. 79, p. 61-68, 1987.
- HUETE, A. R. Soil-Adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, v. 25, n.3, p. 295-309, 1988.
- HUETE, A. R.; JUSTICE, C.; LIU, H. Development of vegetation indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of Environment*, v. 49, n.3, p. 224-234, 1994.
- INFORZATO, R.; TELLA, R. Sistema radicular do amendoim, *Bragantia*, Campinas, v. 19, n.2, CXIX-CXXIII, 1960.

ISIDORO, R. ALMEIDA, R. P.; PEREIRA, J. O. Consumo foliar de *spodotera frugiper* em amendoim cultivares Tatu e CNPA BR-1. *Rev. Oleog. Fibr.*, Campina Grande, v.1, n.1, p. 37-42, dez., 1997.

JENSEN, A.; LORENZEN, B. OSTERGAARD, H. S.; HVELPLUND, E. K. Radiometric estimation of biomass and nitrogen content of barley grown at different nitrogen levels. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 11, n. 10, p. 1809-1820, 1990.

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

KIRLEW, P. W.; BOULDIN, D. R. Chemical properties of the rhizosphere in an acid subsoil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n. 51, p. 128-132, 1987.

KNIPLING, E. B. Physical and physiological basis for the reflection of visible and near infrared radiation from vegetation, *Remote Sensing of Environment*, v. 1, p. 155-159, 1970.

KOLLING, J. STAMMEL, J. G.; KORNELIUS, E. Efeitos do calcário e da adubação fosfatada sobre a nodulação, nitrogênio total no tecido e produção de matéria seca de leguminosas forrageiras de clima tropical. *Agron. Sulriograndense*, Porto Alegre, v.10, n.2, p. 267-280, 1974.

KOLLING, J. STAMMEL, J. G.; KORNELIUS, E. Efeitos do calcário e da adubação fosfatada sobre alguns comportamentos químicos do tecido de leguminosas forrageiras de clima tropical. *Agron. Sulriograndense*, Porto Alegre, v.12, n.2, p. 207-218, 1976.

KULANDAVIEU, R.; MORACHAN, Y. B. Influence of weather on pod yield and growth attributes in bunch groundnut. *Turrialba*. V. 33, p 332-334, 1983.

KUMAR, R. *Radiation from plants – reflection and emission: a review*. Lafayette. Purdue Research Foundation. (Research Project n: 5543), 1972, 88p.

LARAQUE, A. *Comportements hydrochimiques des açudes du nordeste brésilien semi-aride. Evolution et previsions pour un usage en irrigation*. Montpellier, Université de Mertz, France. These de doctorat, 353p., 1991.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*, Ed. Rima Artes e Textos, São Carlos, São Paulo, 2000. 530p.

LEBLON, B.; GRANBERD, H.; CHARLAND, S. D. Shadowing effects on SPOT-HRV and high spectral resolution reflectances in chestnut tree plantations. *Int. Jor. Remote Sensing*, v. 17, n. 2, p. 277-289, 1996.

LILLESAND, T. M.; KEIFIR, R. W. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1979.

LPSA *Levantamento sistemático da produção agrícola*. IBGE/CEPAGRO. Rio de Janeiro, 1994.

MAAS, S. J. Estimating cotton canopy ground cover from remotely sensed scene reflectance. *Agronomy Journal*, v. 90, p. 384-388, 1988.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*, Ed. Agronômica Ceres, Piracicaba, São Paulo, 1980, 251p.

MARTIN, P. S. *Amendoim: uma planta da história no futuro brasileiro*. Editora Ícone, São Paulo-SP, Brasil, 1985, 68p.

MESSICK, D. L.; ALLEY, M. M.; ZELAZNY, L. W. Movement of calcium and magnesium in uhisols from dolomitic limestone. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 48, p. 1096-1101, 1984.

MIFS - *Manual Internacional de Fertilidade do Solo*, 2ª Edição, Piracicaba, Potafos, 1998.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual do calcário na produção de melão e soja em solo Glei pouco húmico. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v. 24, p. 209-215, 2000.

MOLLE, F.; CADIER, E. *Manual do pequeno açude*. Recife: Sudene, 1992, 511p.

MOREIRA, M. A.; ASSUNÇÃO, G. V. Princípios básicos, metodologias e aplicações do sensoriamento remoto na agricultura. INPE, **Circular 3199-MD/27**, cap. 1, p. 1-64, 1984.

MOREIRA, M. A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICHS, R.; TANAKA, R. T. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 95-101, 2003.

MYERS, V. I. Soil, water, and plant relations. *National Academy of sciences*. Washington D.C., 1970, p. 253-297.

NAKAGAWA, J.; SCOTON, L. C.; ALMEIDA, T. C.; NEPTUNE, A. M. L. Adubação NPK, calagem e diagnose foliar do amendoim. *Anais*. Escola Superior de Agric. Luiz de Queiroz, v. 23, p. 369-377, 1966.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; BOARETTO, A. E. Ensaio com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hipogaea*, L.). *Rev. Agric*, Piracicaba, n. 48, p. 37-44, 1973.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; TOLEDO, F. F.; MACHADO, J. R. Efeitos de doses crescentes do adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hipogaea*, L.). Experimento II. *Botucatu Cient.*, Sér. A, n. 2, p. 129-136, 1977a.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; TOLEDO, F. F. Efeitos de doses crescentes do adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hipogaea*, L.). Experimento I. *Botucatu Cient.*, Sér. A, n. 2, p. 57-66, 1977b.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; TOLEDO, F. F.; MACHADO, J. R.; Ensaio com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio do adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hipogaea*, L.). Experimento III. *Científica*, v. 8, n.1-2, p. 35-44, 1980.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; TOLEDO, F. F. Efeitos de doses crescentes do adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hipogaea*, L.). Experimento IV. *Científica*, v. 9, n. 2, p. 227-234, 1981.

NEPTUNE, A. M. L. O magnésio como nutriente para corretivos. *Anais do seminário: fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes - situação atual e perspectivas na agricultura*, São Paulo, MANAH S/A, 1986, p. 74-81.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.*, v.5, n.3, p. 437-443, 2001

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*, 2ª Ed., Editora Blucher Ltda, 1990, 308p.

OLIVEIRA, G. M. *Adveção sobre um cultivo de amendoim irrigado*. Universidade Federal da Paraíba, Dissertação de Mestrado (Meteorologia), Campina Grande-PB, 1998, 111p.

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas-de-vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. *Pes. Agrop. Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1049-1060, 1995.

OLLAGNIER, M.; PREVOT, P. Comparação do diagnóstico foliar e da análise de solos para determinação das necessidades em adubos em amendoim. *Fertilité*, Paris, v.2, n.9, p. 13-21, 1957.

ONG, C. K. Agroclimatological factors affecting phenology of groundnut. In: *Agrometeorology of Groundnut*. Proceedings of an International Symposium. ICRISAT Sahelian Center Niamey, Niger, ICRISAT, Patanchery. Andhra Pradesh, India, p. 115-126, 1986.

OXFORD *Instrumentos Oxford 400*: Instructions Manual. England, 1995. pg. irr.

PAVAN, M. A; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian oxisol. *J. Soil. Soc. Am.*, v. 48, p. 33-38, 1984.

PAVAN, M. A. O cálcio como nutrientes para as culturas *Anais do seminário: fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes - situação atual e perspectivas na agricultura*, São Paulo, MANAH S/A, 1986, p. 82-74.

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. *Manejo da acidez no solo*. Circular nº 95, Agosto 97. Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina-PR, 1997, 87p.

PIMENTEL GOMES, R. *Adubos e adubações*. Editora Nobel, São Paulo, 1970. 187p.

PIMENTEL GOMES, F.; ANJOS, N. M.; NEGRINTETO A.; FUTINO, A. M.; ZAGATTO, L. C. A. G. Response surfaces applied to several hundred factorial experiments with fertilizers in Brazil. *11ª Conf. Int. de Biometria*, Toulouse, 1982a.

PIMENTEL GOMES, F.; ANJOS, N. M.; NEGRINTETO A.; PENTEADO, CÉLIA R. R. Results of use of response curves in three thousand fertilizer experiments in Brazil. *11ª Conf. Int. de Biometria*, Toulouse, 1982b.

PIMENTEL GOMES, F.; CONAGIN, A. Experimentos de adubação: planejamento e análise estatística. *2º Simpósio de Estatística Aplicada a Experimentação Agrônômica*. 32ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, Londrina – Paraná, 1987.

PIMENTEL GOMES, R.. *Curso de estatística experimental*. 8 ed. São Paulo, Ed. Nobel, 1987, 430p.

PONZONI, F. J. DISPERATI, A. A. *Comportamento espectral da vegetação*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (Publicação Interna) São José dos Campos-SP, 1992 56p.

QUAGGIO, J. A.; RAMOS, V. J.; BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. V.; SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcários com diferentes teores de magnésio, *Bragantia*, Campinas, v. 44, n. 1, p. 391-406, 1985.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae their use and abuse, *Crop Science*, Madison, v. 7, p. 171-175, 1967.

RAIJ, V. B. *Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo*. São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1988.

RAIJ, V. B. *Fertilidade do solo e adubação*. Ed. Agronômica Ceres, Piracicaba, São Paulo, 1991, 342p.

RICHARDS, F. J. The quantitative analysis of growth. In: Stewart, F. C. *Plant physiology: a treatise*. New York, Academic Press, 1969. P 3-76.

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p. (Agriculture Handbook, 60).

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of Savannah oxisols, *Soil Science*, v. 133, p. 328-332, 1982.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUZA, D. M. G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por método biológico. *Rev. Bras. Ciência do Solo*, v. 7, p. 269-275, 1983.

ROCHA, J. L. V.; TELLA, R.; CANECCHIO FILHO, V. Experiências de adubação de amendoim em campos da região de Botucatu. *Bragantia*, v. 24, p. 281-303, 1965.

RODRIGUES FILHO, F. S. O.; FEITOSA, C. T.; GERIN, M. A. N. Omissão de macronutrientes em plantas de amendoim; *Bragantia*, Campinas, v. 47, n.2, p.305-312, 1988.

SANTOS, R. C.; VALE, L. V.; SILVA, O. R. R. F.; ALMEIDA, R. P.; ALMEIDA, V. M. R. A. *Recomendações técnicas para o cultivo do amendoim precoce no período das águas*. Campina Grande, EMBRAPA – CNPA, 1996, (Embrapa-CNPA. Circular Técnica 16).

SANTOS, R. C.; MOREIRA, J. A. N.; CABRAL E. L., Estudo da Peroxidase na Fenologia do Amendoim submetidos a Estresse Hídrico, *Rev. Oleag. Fibr.*, Campina Grande, V. 1, n. 1, p. 117-124, dez, 1997.

SANTOS, R. C.; FREITAS, N. S.; FALCÃO, M. M. A.; MOREIRA, J. A. N.; CABRAL, E. L. Comportamento isoenzimático de genótipos de amendoim submetidos aos estresse hídrico. *Rev. Oleag. Fibr.*, Campina Grande, v.2, n.1, pg. 1-11, jan-abr., 1998.

SCURLOOK, H. R.; PRINCE, S. D. Remote sensing of biomass and productid. *Photosynthesis and Production* in a changing environment. London: Chapman & Hall, 1993, p. 22-35.

SICHMANN, W; NEPTUNE, A. M. L.; SABINO, N. P. Acumulação de macronutrientes pelo amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cultivada em outono na época seca. *Anais da Esc. Sup. Agric.* Luiz de Queiroz, v. 23, p. 393-409, 1970.

SILVA, E. L. Solo, In: *Relação solo-água-plantas-atmosfera*, Lavras: UFAL/FAEPE, 1999, p. 1-33.

- SILVA, H. R.; ROSOLEM, C. A. A influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes pela soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.36, n.10, p. 1269-1275, 2001.
- SILVA, L. C.; ALMEIDA, R. P. *Aspectos da cultura do amendoim*. Curso da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária) do CNPA (Centro Nacional de Pesquisas do Algodão). Período de 30 de setembro a 03 de outubro de 1991, Campina Grande-PB, 1991.
- SILVA, L. C.; MOREIRA, J. A. N.; TAVARES SOBRINHO, J.; BELTRÃO, N. E. M. *Recomendações técnicas para o cultivo do amendoim no nordeste brasileiro*, Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1993, 26p. (Embrapa-CNPA. Circular Técnica 16).
- SILVA, L. C. *Respostas ecofisiológicas e desempenho agrônômico do amendoim cv. BRI submetido a diferentes lâminas e intervalos de irrigação*. Universidade Federal da Paraíba, Tese de Doutorado (Recursos Naturais), Campina Grande-PB, 1997. 126p.
- SILVA, L. C. Taxa de crescimento cultural, resistência estomática e produtividade do amendoim em condições de irrigação. *Rev. Oleog. Fibr.*, Campina Grande, v.3, n.1, p. 61-64, jan-abr., 1999.
- SILVA, O. R. R. F.; VALE, L. V.; CARVALHO, O. S.; SANTOS, R. F.; SANTOS, R. C.; CARTAXO, W. V.; ALVES, I. *Descascador manual de amendoim, alternativa para o pequeno produtor*. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999, 23p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica 29).
- SIVAKUMAR, M. V.; SARMA, P. S. Studies on water relations of groundnut. In: *Agrometeorology of Groundnut*. Proceedings of an International Symposium. ICRISAT Sahelian Center Niamey, Niger, ICRISAT, Patanchery. Andhra Pradesh, India, p. 83-98, 1986.
- SKELTON, B. J.; SHEAR, G. M. Calcium translocation in the peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Agron. Jor.* n. 63, p. 409-412, 1971.
- SOARES, T. A. L. *Aspectos nutricionais de genótipos de amendoim (Arachis hypogaea L.) da pele bege e vermelha*. Universidade Federal da Paraíba, 1993 47p. Trabalho de Graduação.

SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: Seminário sobre o uso de fosfogesso na agricultura – I, Brasília, 1986. *Anais Brasília*. EMBRAPA/DDT, 1986. p. 119-144.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes manejos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, n.27, p. 133-139, 2003.

STEFFEN, C. A.; MORAES, E. C. Tutorial de radiometria. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1993. Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Latino Americana de Sensoriamento Remoto.

STREET, H. E.; ÖPIK, H. *Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento*, São Paulo, Polígno, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974. 315p.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 22, n.1-2, p. 47 –60, 1991.

TOME Jr., J. B. *Manual para interpretação de análise de solo*, Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VOLKWEISS, S. J. Otimização das características da planta para maximizar a eficiência do adubo. *Anais do Seminário Fósforo, Cálcio, Magnésio, Enxofre e Micronutrientes*. Situação Atual e Perspectiva na Agricultura, São Paulo, Manahsia, 1986, p. 8 -22

WALKER, M. E; CARTER, R. L. The Effect of fertilization and storage temperatures on percent nitrogen, oils germination of Spanish and Runner peanut seed. *University of Georgia, College of Agriculture Experiment Station*, Athens, Research Bulletin v.88 p. 1-17, 1971.

WALKER, M. E. Calcium requirements for peanuts. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.*, v.6, n. 3, p. 299-313, 1975.

WALKER, M. E. MULLINIX, B. G.; KEISLING, T. C. Calcin level in peanut fruiting zone as influenced by gypsum particle size and application rate and time. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.*, v. 12, p. 427-439, 1981a.

WALKER, M. E; MORRIS, H. D.; CARTER, R. L. The Effect of rate and method of application of N, and K on Yield quality and chemical composition of Spanish and Runner peanut. *Georgia Agricultural Experiment Station*, Department of Agronomy, Coastal Plain Station, Tifton, Ga. and College Station, Athens, Ga., Research Bulletin v. 152, p. 1-24, 1981b.

WEIR, C. C. Effect of lime and nitrogen application on citrus yields and on the downward movement of calcium and magnesium in soil. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 51, p. 231-237, 1974.

WRIGHT, G. C. NAGESWARA RAO, R. C. FARQUHAR, G. D. Water-use efficiency and carbon isotop discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Science*, v. 34, p. 92-97, 1994.

ANEXOS

TABELA 1-1E* – Análise de variância e coeficiente de variação para variáveis relacionadas a avaliação do material do solo onde foi cultivado o amendoim BR-1, após a colheita do Experimento I, submetido a diferentes doses de cálcio e fósforo, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		Ca ⁺² _{solo}	Mg ⁺² _{solo}	Na ^(T) _{solo}	K _{solo}	P ^(T) _{solo}	MO _{solo}	[H ⁺] _{solo} ^(T)
Doses de Cálcio (Ca)	4	234,63*	0,88NS	0,0032NS	0,0077NS	0,22NS	0,278**	2,76 10 ⁻¹⁶ *
Doses de Fósforo (P)	3	7,17NS	1,08NS	0,0293NS	0,0019NS	60,70**	0,003NS	1,67 10 ⁻¹⁶ NS
Cálcio x Fósforo	12	3,38NS	0,82NS	0,019 2NS	0,0028NS	0,090NS	0,04 NS	1,17 10 ⁻¹⁶ NS
<i>Doses de Cálcio</i>	4							
Doses de P dentro de Ca	15							
Tratamentos	(19)							
Efeito Linear	1	924,08**	****	****	****	****	1,10**	7,54 10 ⁻¹⁶ **
Efeito Quadrático	1	10,01NS	****	****	****	****	0,00NS	0,81 10 ⁻¹⁶ NS
Efeito Cúbico	1	0,133 NS	****	****	****	****	0,012NS	2,49 10 ⁻¹⁶ NS
Desvio de Regressão	16	4,15 NS	****	****	****	****	0,032NS	1,20 10 ⁻¹⁶ NS
<i>Doses de Fósforo</i>	3							
Doses de Ca dentro de P	16							
Tratamentos	(19)							
Efeito Linear	1	****	****	****	****	178,43**	****	****
Efeito Quadrático	1	****	****	****	****	2,19**	****	****
Desvio de Regressão	17	****	****	****	****	0,20NS	****	****
Tratamentos	19	52,66**	0,87 NS	0,0174 NS	0,0037 NS	9,89**	0,085**	1,58 10 ⁻¹⁶ *
Blocos	2	1,55 NS	0,12 NS	0,0091 NS	0,0049 NS	0,58 NS	0,013 NS	16,24 10 ⁻¹⁶ **
Resíduo	38	5,46	1,10	0,0145	0,0037	0,19	0,035	0,77 10 ⁻¹⁶
CV%		9,08	11,13	6,25	7,64	9,41	6,31	27,50

T – Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

Ca⁺² = Cálcio no solo (mmol.c.dm⁻³); Mg⁺² = Magnésio no solo (mmol.c.dm⁻³); Na⁺ = Sódio no solo (mmol.c.dm⁻³); K⁺ = Potássio no solo (mmol.c.dm⁻³); P = Fósforo no solo (mmol.c.dm⁻³); MO = Matéria orgânica no solo (g.kg⁻¹); e, [H⁺] = Atividade de H⁺ no solo (mol.l⁻¹).

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

NS – Não significativo pelo teste F

◆ - A referência 1E, na denominação da Tabela, indica que os dados referem-se ao Experimento I. Assim, as referências 2E e 3E indicam dados dos Experimentos II e III, respectivamente.

TABELA 2-1E – Análise de variância e coeficiente de variação para variáveis de desenvolvimento e crescimento do amendoim BR-1 submetidos a diferentes doses de cálcio e fósforo, referentes ao Experimento I, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS								
		NF	NG (7)	NN (7)	FTAR	FTRZ (7)	FITAR+RZ	FITTOTAL	CV	LV
Doses de Cálcio (Ca)	4	712,23**	1,78**	25,22**	2,71**	0,0099**	2,15**	21,58**	84,17**	2,67**
Doses de Fósforo (P)	3	374,00**	1,16**	1,20NS	9,63**	0,0008NS	10,02**	41,85**	54,17**	1,52**
Cálcio x Fósforo	12	327,61**	1,60**	13,26**	1,61**	0,0038**	1,62**	19,71**	21,25**	1,52**
Doses de Cálcio	4									
Doses de P dentro de Ca	15									
Doses de P dentro Ca(1)	(3)	(461,42)**	(3,37)**	(13,68)*	(1,17)**	(0,0036)**	(0,93)*	(13,61)**	(9,81)**	(3,13)**
Efeito Linear	1	0,42NS	3,73**	6,73**	1,44*	0,0032*	1,12*	6,8**	11,88*	8,51**
Efeito Quadrático	1	30,01 NS	5,91**	0,14NS	0,70NS	0,0001NS	0,75NS	33,33**	7,21NS	0,01NS
Desvio de Regressão	1	1353,75**	0,47**	34,18**	1,38*	0,0075**	0,91NS	0,68 NS	10,33*	0,86NS
Doses de P dentro Ca(2)	(3)	(63,37)**	(0,21)**	(17,09)*	(1,93)**	(0,0009)NS	(1,90)**	(28,56)**	(5,28)NS	(0,14)NS
Efeito Linear	1	180,27**	0,17*	0,11NS	2,48**	0,0005NS	2,65**	5,46**	0,14NS	0,35NS
Efeito Quadrático	1	8,33NS	0,03NS	19,38**	0,75 NS	0,0022*	0,56NS	79,57**	11,80*	0,05NS
Desvio de Regressão	1	2,40 NS	0,44**	31,77**	2,56**	0,0001NS	2,48**	0,66 NS	3,90NS	0,001NS
Doses de P dentro Ca(3)	(3)	(551,42)**	(2,56)**	(3,47)**	(11,70)*	(0,0021)*	(12,38)**	(76,41)**	(91,84)**	(0,97)*
Efeito Linear	1	4,82NS	0,07NS	1,21NS	11,18**	0,0029*	12,06**	169,34**	209,07**	2,02**
Efeito Quadrático	1	850,08**	7,33**	8,76**	17,04**	0,0006NS	17,52**	59,85**	6,45NS	0,75NS
Desvio de Regressão	1	799,35**	2,92**	0,43NS	6,87**	0,0029*	7,56**	0,04 NS	60,00**	0,15NS
Doses de P dentro Ca(4)	(3)	(133,19)**	(0,80)**	(12,59)*	(1,09)**	(0,0048)**	(0,95)*	(0,54) NS	(16,60)**	(0,86)*
Efeito Linear	1	380,02**	0,03NS	10,14**	2,82**	0,0051**	2,28**	0,23 NS	19,72**	1,32*
Efeito Quadrático	1	18,75NS	2,16**	26,09**	0,03NS	0,0071**	0,0008NS	0,07 NS	0,40NS	0,80NS
Desvio de Regressão	1	0,82NS	0,20*	1,53 NS	0,42NS	0,0026*	0,58NS	1,32 NS	29,68**	0,47NS
Doses de P dentro Ca(5)	(3)	474,75**	(0,60)**	(7,40)**	(0,19)NS	(0,0045)**	(0,36)NS	(1,59) NS	(18,03)**	(2,48)**
Efeito Linear	1	799,35**	0,13NS	0,68NS	0,54NS	0,0121**	1,01 NS	0,38 NS	30,67**	3,75**
Efeito Quadrático	1	602,08**	0,04NS	2,54*	0,21NS	0,0002NS	0,03NS	2,52 NS	0,24NS	3,41**
Desvio de Regressão	1	22,82NS	1,64**	19,00**	0,01NS	0,0013NS	0,04NS	2,20 NS	23,19**	0,27NS
Doses de Fósforo	3									
Doses de Ca dentro de P	16									
Doses de Ca dentro P(1)	(4)	(187,33)**	(1,44)**	(21,19)*	(2,14)**	(0,0074)**	(2,16)**	(59,06)**	(38,99)**	(3,11)**
Efeito Linear	1	26,13 NS	0,72**	19,08**	1,37*	0,0197**	0,68NS	44,90**	0,22NS	0,48NS
Efeito Quadrático	1	1,52NS	3,81**	37,35**	0,80NS	0,0088**	1,27*	61,69 **	53,04**	11,52**
Efeito Cúbico	1	691,20**	0,15NS	5,14**	0,34NS	0,0002NS	0,30NS	0,65 NS	46,13**	0,23NS
Desvio de Regressão	1	30,47**	1,07**	23,19**	6,04**	0,0009NS	6,38**	129,02**	56,58**	0,22NS
Doses de Ca dentro P(2)	(4)	(808,27)**	(1,58)**	(10,52)*	(3,15)**	(0,0010)NS	(2,30)**	(8,36)**	(14,41)**	(0,75)**
Efeito Linear	1	1306,80**	0,17*	0,38NS	0,34NS	0,0005NS	0,28NS	0,62 NS	1,49NS	0,62 NS
Efeito Quadrático	1	609,52**	0,20*	9,71**	8,24**	0,0010NS	7,80**	3,49*	0,05NS	1,80**
Efeito Cúbico	1	19,20NS	0,18*	30,06**	1,37*	0,0020NS	1,12*	2,19 NS	49,15**	0,43NS
Desvio de Regressão	1	1297,54**	5,77**	1,93NS	2,65**	0,0003NS	2,79 NS	27,14**	6,95NS	0,16NS
Doses de Ca dentro P(3)	(4)	(468,07)**	(3,44)**	(19,51)*	(1,23)**	(0,0055)**	(0,95)**	(1,30) NS	(62,02)**	(0,73)*
Efeito Linear	1	149,63**	6,45**	4,52**	0,36NS	0,0054**	0,18NS	3,54*	3,00NS	2,82**
Efeito Quadrático	1	1697,36**	1,32**	27,24**	3,37**	0,0157**	2,33**	1,56 NS	215,33**	0,10NS
Efeito Cúbico	1	22,53NS	0,39**	0,32NS	0,51NS	0,00001NS	0,51NS	0,09 NS	0,68NS	0,01NS
Desvio de Regressão	1	2,74NS	5,59**	45,97**	0,67NS	0,0008NS	0,79NS	0,03 NS	29,05**	0,005NS
Doses de Ca dentro P(4)	(4)	(231,40)**	(0,12)*	(13,76)*	(1,04)**	(0,0076)**	(0,92)*	(15,00)**	(34,29)**	(2,62)**
Efeito Linear	1	213,33**	0,12NS	47,30**	0,15NS	0,00001NS	0,16NS	33,08**	5,90NS	0,85 NS
Efeito Quadrático	1	378,00**	0,0001NS	0,007NS	3,49**	0,0067**	2,78**	1,41 NS	76,55**	0,69 NS
Efeito Cúbico	1	373,33**	0,32**	6,12**	0,18NS	0,0186**	0,56NS	19,20**	42,96**	7,70**
Desvio de Regressão	1	0,93NS	0,03NS	1,63NS	0,34NS	0,0049**	0,18NS	6,31**	11,76*	1,98**
Tratamentos	19	415,91**	1,57**	13,87**	3,11**	0,0046**	3,06**	24,23**	40,07**	1,76**
Blocos	2	2,62NS	0,18*	0,15NS	0,21NS	0,0004NS	0,21NS	1,81 NS	0,76NS	0,42NS
Resíduo	38	7,56	0,04	0,57	0,24	0,0005	0,24	0,63	1,90	0,23
CV%		5,87	3,38	3,00	4,61	1,85	4,46	2,84	3,54	3,52

T – Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

NF= Número de Flores; NG = Número de Ginóforos; NN = Número de Nódulos; FTAR = Fitomassa Aérea; FTRZ = Fitomassa Raiz; FITAR+RZ = Fitomassa Vegetativa (Aérea + Raiz); FITTOTAL = Fitomassa Total; CV = Comprimento de Vagens e LV = Largura de Vagens.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e NS – Não significativo pelo teste F.

TABELA 3-1E – Análise de variância e coeficiente de variação para variáveis agrônômicas do amendoim BR-1 submetidos a diferentes doses de cálcio e fósforo, referentes ao Experimento I, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS (QM)					QUADRADOS MÉDIOS (QM)		
		PV	PS	PSP	NV	NVC (T)	TO (Teor de Óleo)		
							F. DE VAR.	GL	QM
Doses de Cálcio (Ca)	4	31,88**	2,36**	1,91**	75,89**	1,46**	Doses de Ca	4	2,03NS
Doses de Fósforo (P)	3	15,97**	17,33**	11,91**	28,40**	0,30**	Doses de P	3	9,12*
Cálcio x Fósforo	12	14,93**	1,79**	2,43**	73,36**	0,30**	Ca x P	2	3,85NS
Doses de Cálcio	4						Doses de Ca	4	
Doses de P dentro de Ca	15						D. P dentro Ca	15	
Doses de P dentro Ca(1)	(3)	(8,83)**	(4,98)**	(6,15)**	(128,11)**	(0,65)**	****	***	****
Efeito Linear	1	2,40*	0,16NS	1,15*	153,60**	1,81**	****	***	****
Efeito Quadrático	1	24,08**	14,74**	15,64**	225,33**	0,11 NS	****	***	****
Desvio de Regressão	1	0,02NS	0,05NS	1,63*	5,40NS	0,03NS	****	***	****
Doses de P dentro Ca(2)	(3)	(27,68)**	(4,22)**	(5,10)**	(17,56)**	(0,04)NS	****	***	****
Efeito Linear	1	15,71**	5,22**	0,64 NS	0,07NS	0,01NS	****	***	****
Efeito Quadrático	1	66,74**	3,74**	11,21**	33,33**	0,04NS	****	***	****
Desvio de Regressão	1	0,58NS	3,70**	3,46**	19,27*	0,11 NS	****	***	****
Doses de P dentro Ca(3)	(3)	(36,70)**	(9,08)**	(6,74)**	(82,53)**	(0,59)**	****	***	****
Efeito Linear	1	91,02**	0,23NS	0,42NS	36,82**	0,29**	****	***	****
Efeito Quadrático	1	12,61**	33,80**	18,75**	126,75**	0,74**	****	***	****
Desvio de Regressão	1	6,47**	3,22**	1,07*	84,02**	0,73**	****	***	****
Doses de P dentro Ca(4)	(3)	(0,43)NS	(3,23)**	(1,13)**	(68,00)**	(0,19)**	****	***	****
Efeito Linear	1	1,07 NS	6,53**	1,29*	52,27**	0,05NS	****	***	****
Efeito Quadrático	1	0,08NS	2,43**	0,21NS	65,33**	0,09NS	****	***	****
Desvio de Regressão	1	0,15NS	0,73 NS	1,87**	86,40**	0,42**	****	***	****
Doses de P dentro Ca(5)	(3)	(2,06)**	(2,99)**	(2,53)**	(25,64)**	(0,04)NS	****	***	****
Efeito Linear	1	1,44NS	4,16**	4,54**	8,82NS	0,03NS	****	***	****
Efeito Quadrático	1	3,10**	0,75*	0,01NS	52,08**	0,05NS	****	***	****
Desvio de Regressão	1	1,63**	4,06**	3,04**	16,02*	0,03NS	****	***	****
Doses de Fósforo	3						Doses de P	3	
Doses de Ca dentro de P	16						D. Ca dentro de P	16	
Doses de Ca dentro P(1)	(4)	(39,92)**	(1,07)**	(1,02)**	(108,40)**	(1,28)**	Tratamentos	(19)	
Efeito Linear	1	34,56**	1,12*	0,53NS	16,13*	2,63**	Efeito Linear	1	20,50*
Efeito Quadrático	1	45,26**	1,93**	0,14NS	354,38**	1,92**	Efeito Quadrático	1	4,40NS
Efeito Cúbico	1	1,83NS	0,43*	0,00001	19,20*	0,44**	Desv. de Regres	17	3,34NS
Desvio de Regressão	1	78,02**	0,80 NS	3,42**	48,89**	0,13*	****	***	****
Doses de Ca dentro P(2)	(4)	(17,32)**	(1,28)**	(2,12)**	(114,90)**	(0,69)**	****	***	****
Efeito Linear	1	0,07NS	1,88**	1,24*	32,03**	1,00**	****	***	****
Efeito Quadrático	1	21,72**	0,36NS	1,72*	32,60**	0,19*	****	***	****
Efeito Cúbico	1	0,18NS	2,13**	5,38**	24,30*	0,001NS	****	***	****
Desvio de Regressão	1	47,33**	0,73NS	0,13NS	370,67**	1,58**	****	***	****
Doses de Ca dentro P(3)	(4)	(1,51)**	(1,10)**	(2,74)**	(55,77)**	(0,19)**	****	***	****
Efeito Linear	1	5,29**	4,33**	9,75**	80,03**	0,001NS	****	***	****
Efeito Quadrático	1	0,08NS	0,001NS	0,40NS	14,88*	0,29*	****	***	****
Efeito Cúbico	1	0,18NS	0,02NS	0,46NS	73,63**	0,45**	****	***	****
Desvio de Regressão	1	0,51NS	0,03NS	0,36NS	54,52**	0,01NS	****	***	****
Doses de Ca dentro P(4)	(4)	(17,92)**	(4,30)**	(3,32)**	(16,90)**	(0,19)**	****	***	****
Efeito Linear	1	28,62**	2,58**	6,53**	53,33**	0,11 NS	****	***	****
Efeito Quadrático	1	8,15**	0,02NS	0,98NS	4,67NS	0,65**	****	***	****
Efeito Cúbico	1	26,32**	4,33**	0,53NS	7,50NS	0,0004N	****	***	****
Desvio de Regressão	1	8,60**	10,25**	5,25**	2,10NS	0,003NS	****	***	****
Tratamentos	19	18,66	4,37**	3,82**	66,79**	0,54**	Tratamentos	19	4,30NS
Blocos	2	1,12NS	0,13NS	0,33NS	2,22NS	0,0 NS	Blocos	2	19,54**
Resíduo	38	0,39	0,18	0,25	3,59	0,03	Resíduo	38	3,04
CV%		3,67	3,18	4,07	7,26	8,68	CV%		3,80

T – Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

PV = Peso de Vagens (g); PS = Peso de Sementes (g); PSP = Peso de Sementes Perfeitas (g); NV = Número de Vagens; NVC = Número de Vagens Chochas; e TO = Teor de Óleo (%).

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e NS – Não significativo pelo teste F.

TABELA 4-1E– Análise de variância e coeficiente de variação para variáveis relacionadas à avaliação do crescimento das plantas do amendoim BR-1, submetidas a diferentes doses de cálcio e fósforo, referentes ao Experimento I, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrados Médios		
		ALT ^(T)	DIAM ^(OBS1)	AF ^(T) (OBS2)
Doses de Cálcio (Ca)	4	0,524NS	0,0011NS	8,972NS
Doses de Fósforo (P)	3	0,842*	0,0017NS	29,407NS
Cálcio x Fósforo	12	0,322NS	0,001*	29,420*
Doses de Cálcio				
Doses de P dentro de Ca	15			
Tratamentos	(19)			
Efeito Linear	1	*****	*****	*****
Efeito Quadrático	1	*****	*****	*****
Efeito Cúbico	1	*****	*****	*****
Desvio de Regressão	16	*****	*****	*****
Doses de Fósforo				
Doses de Ca dentro de P	16			
Tratamentos	(19)			
Efeito Linear	1	0,132NS	*****	*****
Efeito Quadrático	1	1,173*	*****	*****
Desvio de Regressão	17	0,423NS	*****	*****
Tratamentos	19	0,4468NS	0,0016*	25,113NS
Blocos	2	0,330NS	0,0006NS	11,7327NS
Resíduo	38	0,255	0,0008	12,466
CV%		9,24	5,76	5,93

T – Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

ALT = Altura das Plantas; DIAM = Diâmetro Caulinar e AF = Área Foliar.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

NS – Não significativo pelo teste F

OBS1: Houve interação significativa no desdobramento das doses de fósforo dentro da dose 900kg/ha de cálcio (**) e no desdobramento das doses de cálcio dentro da dose 0kg/ha de fósforo (*). Todavia, no caso primeiro caso os modelos de regressão linear e quadrático não foram significativos e no segundo caso os modelos de regressão linear e quadráticos não foram significativos sendo apenas significativo o modelo cúbico(*) e o desvio de regressão(**).

OBS2: Houve interação significativa no desdobramento das doses de fósforo dentro de da dose 600kg/ha de cálcio (**) e no desdobramento das doses de cálcio dentro da dose 50kg/ha de fósforo (**). Todavia os modelos de regressão linear e quadrático não foram significativos, sendo apenas significativo o modelo cúbico(*) e o desvio de regressão(**).

TABELA 5-1E - Coeficientes da equação $y = \frac{A}{1 + e^{-(B + Ct)}}$ ajustada aos dados de altura das plantas, onde t é o tempo em dias após a emergência.

TRATAMENTOS		COEFICIENTES ^(OBS)			
CÁLCIO (kg/ha)	FÓSFORO (kg/ha)	A	B	C	R ²
0	0	26,091	-2,344	0,073	0,980**
0	50	33,190	-2,114	0,074	0,973**
0	100	29,855	-2,420	0,068	0,968**
0	150	38,271	-2,239	0,068	0,967**
300	0	26,813	-2,197	0,063	0,987**
300	50	33,470	-2,214	0,061	0,973**
300	100	22,791	-1,865	0,060	0,972**
300	150	28,151	-2,067	0,053	0,954**
600	0	23,030	-2,342	0,074	0,982**
600	50	30,150	-2,155	0,064	0,974**
600	100	34,057	-2,034	0,049	0,965**
600	150	27,375	-2,532	0,077	0,978**
900	0	29,185	-2,746	0,059	0,991**
900	50	37,386	-2,160	0,066	0,974**
900	100	27,152	-2,086	0,078	0,969**
900	150	22,296	-2,209	0,091	0,954**
1200	0	30,950	-2,473	0,067	0,990**
1200	50	35,056	-2,236	0,056	0,964**
1200	100	37,569	-2,517	0,067	0,968**
1200	150	32,919	-2,282	0,060	0,979**

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

(OBS) Coeficientes do modelo significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 6-1E - Coeficientes da equação $y = \frac{A}{1 + e^{-(B + Ct)}}$ ajustada aos dados de diâmetro do caule, onde t é o tempo em dias após a emergência.

TRATAMENTOS		COEFICIENTES ^(OBS)			
CÁLCIO (kg/ha)	FÓSFORO (kg/ha)	A	B	C	R ²
0	0	0,518	0,225	0,043	0,984**
0	50	0,506	-0,170	0,066	0,975**
0	100	0,502	-0,219	0,060	0,984**
0	150	0,469	-0,029	0,053	0,973**
300	0	0,531	0,203	0,043	0,994**
300	50	0,521	0,225	0,044	0,979**
300	100	0,481	0,323	0,034	0,938**
300	150	0,500	0,330	0,046	0,988**
600	0	0,487	0,452	0,033	0,970**
600	50	0,478	0,182	0,046	0,967**
600	100	0,472	0,635	0,075	0,955**
600	150	0,483	-0,355	0,073	0,972**
900	0	0,577	0,169	0,034	0,977**
900	50	0,459	0,408	0,051	0,977**
900	100	0,523	0,065	0,040	0,991**
900	150	0,519	0,118	0,040	0,982**
1200	0	0,494	0,273	0,043	0,994**
1200	50	0,515	-0,133	0,049	0,989**
1200	100	0,499	-0,532	0,067	0,999**
1200	150	0,499	-0,261	0,064	0,997**

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

(OBS) Coeficientes do modelo significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 7-1E - Coeficientes da equação $Y = \frac{A}{1 + e^{-(B + Ct)}}$ ajustada aos dados de área foliar, onde t é o tempo em dias após a emergência.

TRATAMENTOS		COEFICIENTES ^(OBS)			
CÁLCIO (kg/ha)	FÓSFORO (kg/ha)	A	B	C	R ²
0	0	4389,616	-4,101	0,082	0,999**
0	50	4081,461	-3,606	0,075	0,988**
0	100	4343,848	-3,394	0,065	0,992**
0	150	4046,261	-3,210	0,060	0,989**
300	0	4136,170	-3,926	0,080	0,996**
300	50	4680,294	-3,807	0,074	0,985**
300	100	4065,433	-3,558	0,070	0,985**
300	150	2894,700	-3,352	0,077	0,988**
600	0	3536,143	-3,300	0,066	0,987**
600	50	4112,539	-3,912	0,081	0,989**
600	100	4421,079	-3,499	0,069	0,984**
600	150	3945,399	-4,539	0,100	0,997**
900	0	3786,560	-3,741	0,077	0,994**
900	50	4188,978	-3,801	0,076	0,997**
900	100	3766,488	-3,568	0,075	0,991**
900	150	3390,957	-3,454	0,076	0,996**
1200	0	3885,322	-3,549	0,072	0,997**
1200	50	3807,181	-3,370	0,069	0,994**
1200	100	3591,616	-3,860	0,081	0,992**
1200	150	4099,549	-3,614	0,076	0,995**

** Valores estatisticamente significativos pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.
(OBS) Coeficientes do modelo significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 8-1E – Coeficientes da função polinomial quadrática $Y = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 C^2 + \beta_3 P + \beta_4 P^2 + \beta_5 CP + \beta_6 C^2P + \beta_7 CP^2$, ajustado para as variáveis de desenvolvimento e crescimento do amendoim BR-1 (Experimento I) em função das doses de cálcio (C) e fósforo (P), em casa-de-vegetação.

VARIÁVEIS	COEFICIENTES(*)								R ² (%)
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	
Número de Flores (NF)	49,222	0	9,625 10 ⁻⁶	0	0	-1,678 10 ⁻⁴	0	0	37,84**
Número de Ginóforos (NG)	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Número de Nódulos (NN)	649,814	7,700 10 ⁻²	0	0	-6,624 10 ⁻³	0	0	0	39,60**
Fitomassa Parte Aérea (FITAR)	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Fitomassa Raiz (FITRZ)	0,651	-1,356 10 ⁻⁴	0	4,047 10 ⁻³	1,400 10 ⁻⁵	2,289 10 ⁻⁸	0	0	62,00**
Fitomassa Vegetativa (FITAR+RZ)	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Fitomassa Total (FITTOTAL)	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Comprimento de Vagens (CV)	35,570	0	5,558 10 ⁻⁶	2,944 10 ⁻¹	-1,746 10 ⁻³	-3,203 10 ⁻⁴	0	1,892 10 ⁻⁶	65,00**
Largura de Vagens (LV)	12,070	6,826 10 ⁻³	-5,227 10 ⁻⁶	1,319 10 ⁻²	0	-5,936 10 ⁻⁵	4,915 10 ⁻⁸	0	58,90**

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

◆ Os coeficientes foram significativos a 1% pelo teste T

TABELA 9-1E – Coeficientes da função polinomial quadrática $Y = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 C^2 + \beta_3 P + \beta_4 P^2 + \beta_5 CP + \beta_6 C^2P + \beta_7 CP^2$, ajustado para as variáveis agrônômicas do amendoim BR-1 (Experimento I) em função das doses de cálcio (C) e fósforo (P), em casa-de-vegetação.

VARIÁVEIS	COEFICIENTES(*)								R ² (%)
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	
Peso de Vagens (PV)	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Peso de Sementes (PS)	11,898	0	0	5,249 10 ⁻²	-3,020 10 ⁻⁴	0	0	0	52,90**
Peso de Sementes Perfeitas (PSP)	10,678	3,341 10 ⁻⁴	2,911 10 ⁻⁷	8,304 10 ⁻²	-5,307 10 ⁻⁴	-6,444 10 ⁻⁵	0	4,578 10 ⁻⁷	63,90*
Número de Vagens (NV)	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Número de Vagens Chochas (NVC)	6,240	-3,222 10 ⁻³	0	-3,920 10 ⁻²	0	3,667 10 ⁻⁵	0	0	48,94**

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

◆ Os coeficientes foram significativos a 1% pelo teste T

TABELA 10-1E – Coeficientes da função polinomial quadrática $Y = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 C^2 + \beta_3 P + \beta_4 P^2 + \beta_5 CP$, ajustada para as variáveis espectrais, a reflectância no visível da folha do amendoim BR-1 (Experimento I) em função das doses de cálcio (C) e fósforo (P), em casa-de-vegetação.

REFLECTÂNCIA NO VISÍVEL		COEFICIENTES(*)						
DAE	Nº COLETA	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	R ² (%)
25	1	8,365 10 ⁻²	3,677 10 ⁻⁵	-2,776 10 ⁻⁸	1,647 10 ⁻⁴	0	0	72,07**
63	6	9,048 10 ⁻²	1,621 10 ⁻⁶	0	8,633 10 ⁻⁵	0	0	44,08**
84	9	9,807 10 ⁻²	-6,332 10 ⁻⁶	0	1,514 10 ⁻³	0	0	50,17**

TABELA 11-1E – Coeficientes da função polinomial quadrática $Y = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 C^2 + \beta_3 P + \beta_4 P^2 + \beta_5 CP$, ajustada para as variáveis espectrais, a reflectância no infravermelho da folha do amendoim BR-1 (Experimento I) em função das doses de cálcio (C) e fósforo (P), em casa-de-vegetação.

REFLECTÂNCIA NO INFRAVERMELHO		COEFICIENTES(*)						
DAE	Nº COLETA	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	R ² (%)
25	1	4,725 10 ⁻¹	5,600 10 ⁻⁶	-4,740 10 ⁻⁸	1,519 10 ⁻⁴	0	0	63,42**
63	6	4,757 10 ⁻¹	2,226 10 ⁻⁶	0	2,034 10 ⁻⁴	0	0	73,89**
84	9	4,751 10 ⁻¹	-3,478 10 ⁻⁷	0	4,072 10 ⁻⁴	0	0	56,41**

TABELA 12-1E – Análise de variância e coeficiente de variação para os teores de vários nutrientes da folha do amendoim BR-1 submetido a diferentes doses de cálcio e fósforo, referentes ao Experimento I, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS (QM)			QUADRADOS MÉDIOS (QM)			
		%P	%K	%Mg	F. DE VAR.	GL	%Ca	%N
Doses de Cálcio (Ca)	4	0,0092**	0,0065NS	0,0388NS	Doses de Ca	4	0,5258**	0,3499*
Doses de Fósforo (P)	3	0,0324**	0,0568**	0,1498**	Doses de P	3	1,0680**	0,3506*
Cálcio x Fósforo	12	0,0018*	0,0158*	0,0692**	Ca x P	2	0,1527NS	0,0644NS
Doses de Cálcio	4				Doses de Ca	4		
Doses de P dentro de Ca	15				D. P dentro Ca	15		
Doses de P dentro Ca(1)	(3)	(0,0049)**	(0,0041)NS	(0,0166)NS	Tratamentos	(19)		
Efeito Linear	1	0,0144**	0,0094NS	0,0029NS	Efeito Linear	1	2,4300**	0,7570*
Efeito Quadrático	1	0,0004NS	0,0019NS	0,0280NS	Efeito Quadrático	1	0,7707**	0,2077NS
Desvio de Regressão	1	0,0000NS	0,0010NS	0,0187NS	Desv. de Regres.	17	0,2317**	0,1329NS
Doses de P dentro Ca(2)	(3)	(0,0100)**	(0,0294)**	(0,0225)NS	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0198**	0,0042NS	0,0079NS	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0037*	0,0675**	0,0184NS	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,0067**	0,167**	0,0411NS	****	***	****	****
Doses de P dentro Ca(3)	(3)	(0,0103)**	(0,0558)**	(0,1243)**	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0304**	0,0735**	0,2693**	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0000NS	0,0133NS	0,0027NS	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,00004NS	0,0807**	0,1609*	****	***	****	****
Doses de P dentro Ca(4)	(3)	(0,0044)*	(0,0008)NS	(0,0776)NS	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0094**	0,0015NS	0,0010NS	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0037**	0,0008NS	0,1452*	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,0000NS	0,0002NS	0,0866*	****	***	****	****
Doses de P dentro Ca(5)	(3)	(0,0102)**	(0,0297)**	(0,1854)**	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0273**	0,0015NS	0,0064NS	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0000NS	0,0675**	0,2640**	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,0032NS	0,0202NS	0,2857**	****	***	****	****
Doses de Fósforo	3				Doses de P	3		
Doses de Ca dentro de P	16				D. Ca dentro de P	16		
Doses de Ca dentro P(1)	(4)	(0,0054)**	(0,0231)*	(0,0094)NS	Tratamentos	(19)		
Efeito Linear	1	0,0041*	0,0068NS	0,0021NS	Efeito Linear	1	0,3413NS	0,5441*
Efeito Quadrático	1	0,0013NS	0,0015NS	0,0003NS	Efeito Quadrático	1	0,0952NS	0,3207NS
Efeito Cúbico	1	0,0068**	0,0241NS	0,0053NS	Efeito Cúbico	1	0,6307**	0,5341*
Desvio de Regressão	1	0,0095**	0,0600**	0,0298NS	Desv. de Regres.	16	0,3795**	0,1140NS
Doses de Ca dentro P(2)	(4)	(0,0057)**	(0,0089)NS	(0,1802)**	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0015NS	0,0007NS	0,3543**	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0038*	0,0048NS	0,3390**	****	***	****	****
Efeito Cúbico	1	0,0016NS	0,0301*	0,0258NS	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,0161**	0,0000NS	0,0078NS	****	***	****	****
Doses de Ca dentro P(3)	(4)	(0,0010)NS	(0,0058)NS	(0,0188)NS	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0030NS	0,0053NS	0,0030NS	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0010NS	0,0060NS	0,0453NS	****	***	****	****
Efeito Cúbico	1	0,0001NS	0,0013NS	0,0270NS	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,0010NS	0,0107NS	0,0000NS	****	***	****	****
Doses de Ca dentro P(4)	(4)	(0,0026)NS	(0,0160)NS	(0,0380)NS	****	***	****	****
Efeito Linear	1	0,0030NS	0,0083NS	0,0105NS	****	***	****	****
Efeito Quadrático	1	0,0034**	0,0060NS	0,0024NS	****	***	****	****
Efeito Cúbico	1	0,0001NS	0,0188NS	0,0258NS	****	***	****	****
Desvio de Regressão	1	0,0038*	0,0310*	0,1134**	****	***	****	****
Tratamentos	19	0,0082**	0,0203**	0,0755**	Tratamentos	19	0,3758**	0,1697NS
Blocos	2	0,0020NS	0,0258*	0,0290NS	Blocos	2	0,2632NS	0,8445**
Resíduo	38	0,0008	0,0066	0,0236	Resíduo	38	0,0933	0,110
CV%		10,49	6,05	15,47	CV%		7,39	13,25

%P = Percentual do teor de fósforo na folha; %K = Percentual do teor de potássio na folha; %Mg = Percentual do teor de magnésio na folha; %Ca = Percentual do teor de cálcio na folha; e %N = Percentual do teor de nitrogênio na folha.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e NS – Não significativo pelo teste F.

TABELA 1-2E – Análise de variância e coeficiente de variação para variáveis de desenvolvimento e agronômicas do amendoim BR-1 submetidos a diferentes doses de cálcio e fósforo, referentes ao Experimento II, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		VARIÁVEIS AGRONÔMICAS					VARIÁVEIS DE DESENVOLVIMENTO	
		NV	NVC	PV	PS	PSP	FITAR	FITTOTAL
Doses de Cálcio (Ca)	4	44,10**	0,60**	1,32**	7,59**	14,68**	1,44**	4,19**
Doses de Fósforo (P)	3	126,64**	0,33**	60,63**	57,78**	61,98**	7,71**	94,02**
Cálcio x Fósforo	12	2,64**	0,11**	0,46**	1,44**	1,63**	2,23**	3,49**
Doses de Cálcio	4							
Doses de P dentro de Ca	15							
Doses de P dentro Ca(1)	(3)	(7,64)**	(0,176)NS	(12,81)**	(14,04)**	(19,73)**	(2,02)**	(12,11)**
Efeito Linear	1	16,02**	0,38**	25,35**	30,25**	38,56**	0,82NS	16,96**
Efeito Quadrático	1	4,08NS	0,08NS	7,68**	3,20**	6,31**	2,43**	19,00**
Desvio de Regressão	1	2,82NS	0,004NS	5,40**	8,66**	14,31**	2,82**	0,37NS
Doses de P dentro Ca(2)	(3)	(33,64)**	(0,24)*	(11,50)**	(9,31)**	(9,45)**	(4,96)**	(24,77)**
Efeito Linear	1	62,02**	0,31**	22,57**	16,02**	19,04**	0,03NS	24,19**
Efeito Quadrático	1	30,08**	0,27*	2,80**	3,85**	4,81**	10,64**	24,37**
Desvio de Regressão	1	8,82**	0,13NS	9,13**	8,07**	4,48**	4,21**	25,74**
Doses de P dentro Ca(3)	(3)	(38,31)**	(0,30)**	(17,28)**	(7,54)**	(6,25)**	(6,55)**	(41,87)**
Efeito Linear	1	104,07**	0,77**	42,37**	19,72**	17,07**	11,44**	97,79**
Efeito Quadrático	1	10,08**	0,01NS	4,56**	0,003NS	1,61NS	8,00**	24,65**
Desvio de Regressão	1	0,82NS	0,11NS	4,93**	2,90	0,07NS	0,19NS	3,17**
Doses de P dentro Ca(4)	(3)	(26,00)**	(0,05)NS	(8,29)**	(9,55)**	(10,33)**	(2,13)**	(11,43)**
Efeito Linear	1	48,60**	0,0003NS	16,54**	16,54**	16,12**	1,44*	8,21**
Efeito Quadrático	1	21,33**	0,11NS	5,74**	10,27**	13,44**	2,90**	16,80**
Desvio de Regressão	1	8,07**	0,03NS	2,60**	1,84**	1,44NS	2,05**	9,28**
Doses de P dentro Ca(5)	(3)	(31,64)**	(0,01)NS	(12,65)**	(23,32)**	(22,74)**	(0,95)*	(17,78)**
Efeito Linear	1	70,42**	0,03NS	23,94**	59,60**	56,84**	0,84NS	33,75
Efeito Quadrático	1	14,08**	0,01NS	9,90**	5,88**	6,45**	1,27*	18,25**
Desvio de Regressão	1	10,42**	0,003NS	4,11**	4,48**	4,93**	0,75NS	1,35NS
Doses de Fósforo	3							
Doses de Ca dentro de P	16							
Doses de Ca dentro P(1)	(4)	(5,10)**	(0,49)**	(0,45)**	(4,78)**	(5,72)**	(1,76)**	(3,30)**
Efeito Linear	1	19,20**	1,93**	0,07NS	0,71**	0,19NS	0,09NS	0,30NS
Efeito Quadrático	1	0,86NS	0,01NS	0,92**	11,52**	13,49**	0,05NS	0,55NS
Efeito Cúbico	1	0,30NS	0,0002NS	0,18NS	0,74**	1,08NS	0,59NS	1,41*
Desvio de Regressão	1	0,04NS	0,01NS	0,63*	6,14**	8,12**	6,31**	10,93**
Doses de Ca dentro P(2)	(4)	(8,93)**	(0,20)**	(0,77)**	(1,78)**	(6,70)**	(0,22)NS	(0,79)NS
Efeito Linear	1	30,00**	0,33*	1,24**	2,19**	5,72**	0,19NS	0,46NS
Efeito Quadrático	1	4,67*	0,03NS	0,02NS	3,84**	15,00**	0,00NS	0,03NS
Efeito Cúbico	1	0,83NS	0,01NS	1,73**	0,001NS	0,11NS	0,02NS	1,37*
Desvio de Regressão	1	0,23NS	0,41**	0,11NS	1,07**	5,97**	0,66NS	1,31NS
Doses de Ca dentro P(3)	(4)	(18,93)**	(0,15)*	(0,29)**	(0,86)**	(1,22)*	(3,95)**	(4,73)**
Efeito Linear	1	61,63**	0,33*	0,03NS	0,62**	1,01NS	0,10NS	0,23NS
Efeito Quadrático	1	6,88**	0,24*	0,29NS	0,006NS	0,13NS	12,05**	16,10**
Efeito Cúbico	1	6,53*	0,01NS	0,003NS	1,37**	0,53NS	2,76**	2,58**
Desvio de Regressão	1	0,69NS	0,04NS	0,84**	1,44**	3,22**	0,89NS	0,00NS
Doses de Ca dentro P(4)	(4)	(19,07)**	(0,10)NS	(1,20)**	(4,52)**	(5,92)**	(2,18)**	(5,84)**
Efeito Linear	1	53,33**	0,15NS	0,02NS	2,30**	3,96**	1,24*	1,54*
Efeito Quadrático	1	9,52**	0,13NS	2,63**	0,05NS	0,57NS	0,83NS	6,40**
Efeito Cúbico	1	3,33*	0,04NS	0,07NS	2,08**	3,47**	0,77NS	0,39NS
Desvio de Regressão	1	10,08**	0,08NS	2,10**	13,63**	15,69**	5,90**	15,04**
Tratamentos	19	30,95**	0,25**	10,14**	11,63**	13,90**	2,93**	17,39**
Blocos	2	0,22NS	0,00NS	0,27NS	0,14NS	0,04NS	0,03NS	0,37NS
Resíduo	38	1,01	0,05	0,09	0,10	0,42	0,22	0,33
CV%		6,58	14,84	1,80	2,37	5,10	4,17	2,03

PV = Peso de Vagens (g); PS = Peso de Sementes (g); PSP = Peso de Sementes Perfeitas (g); NV = Número de Vagens; NVC = Número de Vagens Chochas; FITAR = Fitomassa Aérea e FITTOTAL = Fitomassa Total.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e NS – Não significativo pelo teste F.

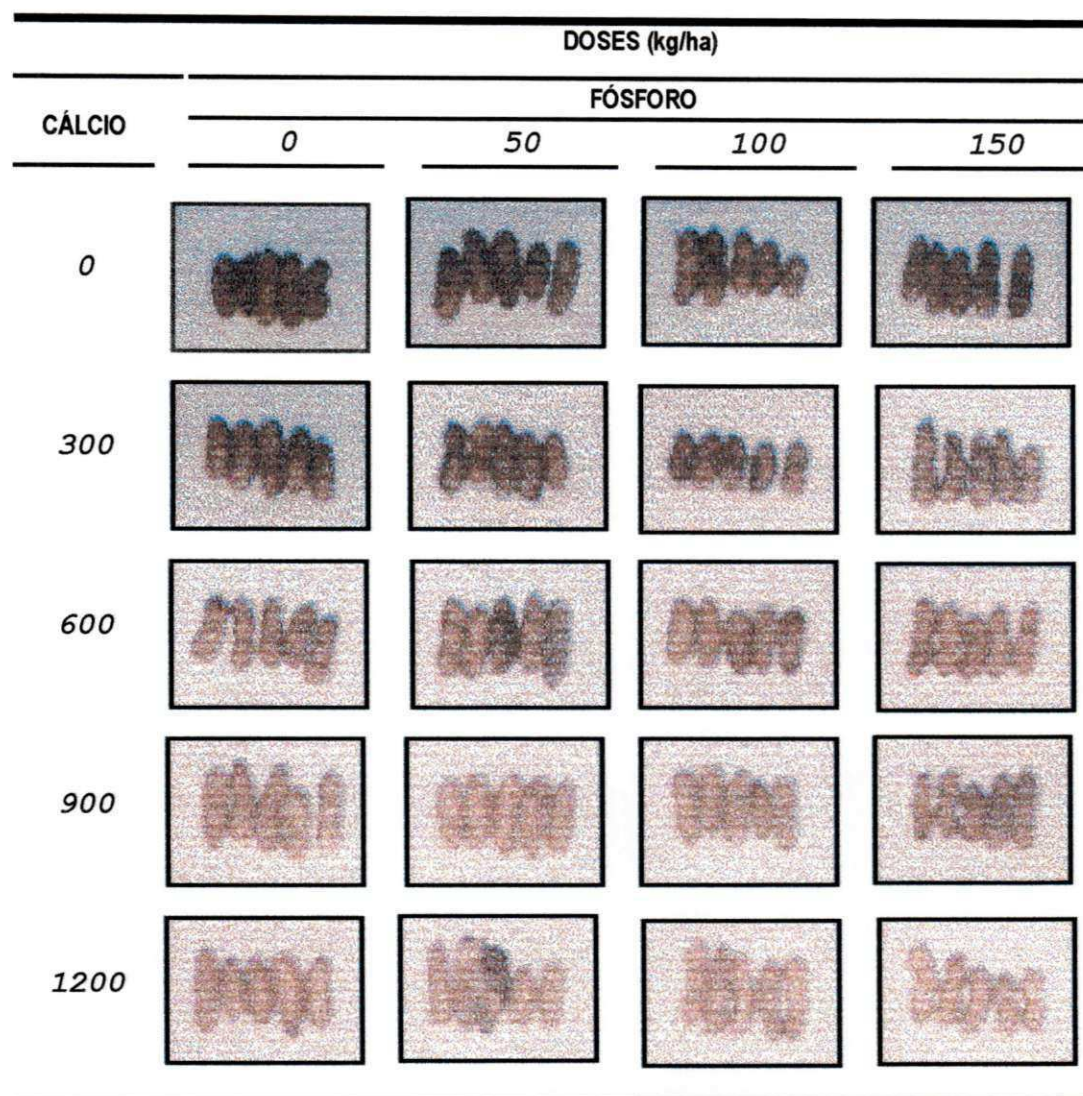


Figura A – Aspecto Visual das Vagens devido aos Efeitos das Doses de Cálcio e Fósforo no Efeito Residual do Solo (Experimento II).

TABELA 1-3E – Análise de variância e coeficiente de variação para variáveis agrônômicas do amendoim BR-1 submetido a diferentes doses de cálcio e fósforo, referentes ao Experimento III, em casa-de-vegetação.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		NV	PV	PS	PSP
Doses de Cálcio (Ca)	2	45,600**	115,155**	98,034**	121,846**
Doses de Fósforo (P)	4	18,233**	10,641**	5,715**	7,392**
Cálcio x Fósforo	8	1,746NS	0,392NS	0,768NS	1,587NS
<i>Doses de Cálcio</i>	2				
Doses de P dentro de Ca	12				
Tratamentos	(14)				
Efeito Linear	1	90,000**	228,484**	194,481**	281,144**
Desvio de Regressão	13	6,777**	3,656**	2,353NS	3,1547**
<i>Doses de Fósforo</i>	3				
Doses de Ca dentro de P	16				
Tratamentos	(14)				
Efeito Linear	1	0,1333NS	10,981**	0,169NS	1,452NS
Efeito Quadrático	1	57,167**	24,764**	17,941**	22,004**
Efeito Cúbico	1	14,700**	1,281NS	0,408NS	1,430NS
Desvio de Regressão	11	9,646**	21,726**	18,777**	23,74**
Tratamentos	14	12,721**	19,715**	16,076**	20,426**
Blocos	3	4,911NS	3,214NS	4,465*	3,072NS
Resíduo	42	1,994	1,214	1,220	1,166
CV%		4,512	3,675	4,794	4,860

PV = Peso de Vagens (g); PS = Peso de Sementes (g); PSP = Peso de Sementes Perfeitas (g) e NV = Número de Vagens.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

NS – Não significativo pelo teste F

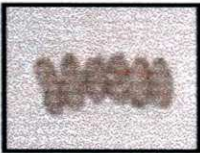
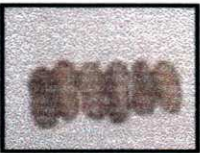


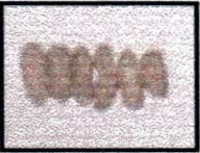



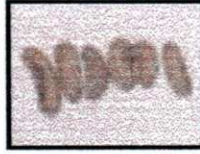






		DOSES (kg/ha)		
		CÁLCIO		
FÓSFORO		0	300	600
0				
50				
100				
150				
200				

Figura B – Aspecto Visual das Vagens devido aos Efeitos das Doses de Cálcio e Fósforo no Efeito Residual do Solo (Experimento III).



Figura C – Disposição dos blocos e tratamentos em casa-de-vegetação da EMBRAPA/Algodão, Campina Grande-PB, 2003 (Experimento III).