**EFEITOS DO CÁDMIO NO ARROZ (*Oryza sativa* L.) E NO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) CULTIVADOS EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

SANTIAGO GAONA JURADO
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: PROF. DR. EURÍPEDES MALAVOLTA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo-Brasil
Maio - 1989

G211e . Gaona Jurado, Santiago
Efeitos do cádmio no arroz (Oryza
sativa L.) e no feijoeiro (Phaseolus
vulgaris L.) cultivados em soluções nu-
tritivas. Piracicaba, 1989.
139p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Arroz - Efeito do cádmio 2. Cad-
mio em arroz 3. Cádmio em feijão 4. Fei-
jão - Efeito do cádmio I. Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.18

EFEITOS DO CADMIO NO ARROZ (*Oryza sativa* L.) E NO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) CULTIVADOS EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS.

SANTIAGO GAONA JURADO

Aprovada em: 27/04/1989

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Eurípedes Malavolta (Orientador) - ESALQ/USP (aposentado)

Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti - UNESP

Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello - ESALQ/USP

Prof. Dr. Eurípedes Malavolta
-Orientador-

À minha mãe, Celina;
a meu pai, Santiago;
a meus irmãos;
a meus sobrinhos;
a meus cunhados;
à memória de M. Cristina Forero
e Camilo Escobar,

OFEREÇO.

À minha esposa, Gloria Amparo.
à minha filha, Adriana,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À ESALQ, CENA, CAPES, FEALQ/FINEP e FUNDAÇÃO ROTÁRIA pela oportunidade da realização do curso e apoio financeiro.

Ao Professor Eurípedes Malavolta pela orientação, confiança e condições oferecidas para realização deste trabalho.

Aos Professores Antonio Eneidi Boaretto, Chefe da Seção de Nutrição Mineral de Plantas do CENA-USP, Takashi Muraoka, Seção de Fertilidade do Solo do CENA-USP, pelas sugestões e aos Professores Maria Cristina Nogueira e José Eduardo Corrente pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos Laboratoristas Francisco Carlos Antonioli, Cleusa Pereira Cabral, Maria Lígia Malavolta, Sandra Teresa Pereira dos Santos e Marileuza Aparecida Bassi Elias, pelo auxílio nas análises químicas.

Aos Professores Geraldo Victorino de França e Murilo de Melo, pela atenção e sinceridade.

Aos Doutores Luís Alfredo León S. e Germán Valencia A. pela amizade, inestimável apoio e estímulo para a realização deste curso.

Ao Doutor Juan Barceló C., pela colaboração prestada durante a pesquisa.

Ao Doutor Antonio Henrique C. Cocenza, pelo auxílio na revisão de português da dissertação.

Aos colegas de curso Daniel Piccini Antón, Valdinei Tadeus Paulino, Austrelino Silveira Filho, Oscar Fontão de Lima Filho e Maria Therese Gothge pelas sugestões na realização deste trabalho.

Ao CIAGRI pelo apoio no processamento dos dados estatísticos.

Aos funcionários da Divisão de Biblioteca e Documentação da Prefeitura do Campus de Piracicaba, Eisa S. Azeredo Cesar, Roni José Barbosa de Souza, Otávio de Oliveira Júnior, Kátia M.P. de Andrade e em especial, a Eliana Maria Garcia Sabino, pelo auxílio durante a elaboração deste trabalho e pela revisão das referências bibliográficas.

À Tekla E. Klar, além dos serviços de datilografia da dissertação, pela força moral dada em momentos difíceis durante o curso.

Í N D I C E

Página

LISTA DE TABELAS	
RESUMO	
SUMMARY	
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Mecanismos de absorção	3
2.1.1. Arroz	3
2.1.2. Feijão	4
2.2. Distribuição cádmio nas partes da planta.....	5
2.2.1. Arroz	5
2.2.2. Feijão	5
2.3. Níveis tóxicos de cádmio em solução nutritiva e sintomas de toxidez em plantas	7
2.3.1. Arroz	7
2.3.2. Feijão	7
2.4. Causa da toxidez	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Determinação da época de aplicação e dos níveis de cádmio em solução nutritiva	10
3.1.1. Arroz	10
3.1.1.1. Ensaio 1 - preliminar.....	10

	Página
3.1.1.2. Ensaio 2 - definitivo.....	11
3.1.2. Feijão	12
3.1.2.1. Ensaio 1 - preliminar	12
3.1.2.2. Ensaio 2 - preliminar.....	13
3.1.2.3. Ensaio 3 - definitivo.....	13
3.2. Procedimento geral dos ensaios em solução nutriti- va	14
3.2.1. Ensaio com arroz	14
3.2.1.1. Cultivar utilizada	14
3.2.1.2. Obtenção das mudas	15
3.2.1.3. Tratamentos	16
3.2.1.4. Condução do ensaio	16
3.2.1.5. Colheita e preparo do material pa- ra análises	16
3.2.1.6. Análises químicas	17
3.2.1.7. Delineamento experimental.....	18
3.2.1.8. Análise estatística	18
3.2.2. Ensaio com feijão.....	19
3.2.2.1. Cultivar utilizada.....	19
3.2.2.2. Obtenção das mudas	19
3.2.2.3. Tratamentos	19
3.2.2.4. Condução do ensaio.....	20
3.2.2.5. Colheita e preparo do material pa- ra análise	21

3.2.2.6. Análise química.....	21
3.2.2.7. Delineamento experimental.....	21
3.2.2.8. Análise estatística.....	21
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Crescimento.....	22
4.1.1. Arroz	22
4.1.2. Feijão	27
4.2. Sintomas	33
4.2.1. Arroz	33
4.2.2. Feijão	34
4.3. Teores dos nutrientes e de cádmio em arroz e fei- jão	36
4.3.1. Teores dos nutrientes em arroz e feijão...	36
4.3.2. Cádmio	40
4.3.2.1. Arroz	40
4.3.2.2. Feijão	46
5. DISCUSSÃO	54
5.1. Crescimento	54
5.2. Sintomas	58
5.3. Teores dos nutrientes e de cádmio em arroz e feijão.	61
5.3.1. Teores dos nutrientes em arroz e feijão...	61
5.3.2. Cádmio	64
5.3.2.1. Arroz	64
5.3.2.2. Feijão	65

Página

6. CONCLUSÕES	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE	76

LISTA DE TABELAS

Página

1. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	24
2. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	24
3. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	25
4. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	25
5. Equações de regressão entre log matéria seca (g) dos diferentes órgãos de arroz (y) e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva.....	26

6. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	29
7. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	29
8. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	30
9. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	30
10. Ensaio 3. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	31
11. Ensaio 3. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	31
12. Equações de regressão entre log matéria seca (g) dos diferentes órgãos de feijoeiro (y) e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva.....	32

13. Efeito das doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) dos macronutrientes em arroz	38
14. Efeito das doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) dos micronutrientes em arroz	39
15. Efeito das doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) dos macronutrientes no feijoeiro	41
16. Efeito das doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) dos micronutrientes no feijoeiro	42
17. Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	44
18. Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	44
19. Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	45

20. Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	45
21. Equações de regressão entre teores totais de cádmio (y) em ppm, em arroz e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva.....	47
22. Equações de regressão entre conteúdos totais de cádmio (y) em µg, em arroz e ppm de cádmio(x) na solução nutritiva.....	48
23. Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	50
24. Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	50
25. Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva	51

26. Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	51
27. Ensaio 3. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	52
28. Ensaio 3. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.....	52
29. Equações de regressão entre teores totais de cádmio (y) em ppm, em feijoeiro e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva.....	53
30. Equações de regressão entre conteúdos totais de cádmio (y) em µg, em feijoeiro e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva.....	53

EFEITOS DE CÁDMIO NO ARROZ (*Oryza sativa* L.) E NO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) CULTIVADOS EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Autor: SANTIAGO GAONA JURADO

Orientador: EURÍPEDES MALAVOLTA

RESUMO

Vários experimentos foram conduzidos com o objetivo de estudar os efeitos da aplicação de cádmio no crescimento, sintomatologia, e composição mineral do arroz (*Oryza sativa* L., cv IAC 4440) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv Carioca 80).

O cádmio foi adicionado nos níveis de 0,00; 0,05; 0,50 e 5,00 ppm para o arroz e 0,0000; 0,0025; 0,0050; 0,0500; e 0,5000 para o feijoeiro, baseados em ensaios preliminares.

Plantas de arroz foram coletadas para determinação do crescimento e análise mineral, no estágio de máximo perfilhamento e formação da panícula, enquanto que as plantas de feijão foram coletadas nos períodos de floração e formação de vagem.

As conclusões são como segue:

- 1) Aumentando os níveis de cádmio na solução

nutritiva, afetou o crescimento da parte aérea e raízes das plantas.

2) O sintoma visual de toxidez mais evidente foi a presença de manchas marrom-averlhadas nas folhas, pecíolos e caules do feijoeiro, e nas folhas do arroz.

3) Baixas concentrações de cádmio ou próximas a 0,05 ppm tiveram um efeito benéfico no crescimento do arroz, como também na concentração de todos os nutrientes que foram analisados (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn). Entretanto, altas concentrações de cádmio apresentaram um efeito oposto na composição mineral, exceto para o Cu, Fe e Mn.

4) De um modo geral, o cádmio teve um efeito depressivo no crescimento do feijoeiro, como também na acumulação de N, K, Ca, Mg e Zn.

5) A maior proporção de cádmio absorvida pelas duas espécies, ficou concentrada no sistema radicular.

6) Em termos relativos, um efeito mais pronunciado na inibição do transporte do cádmio a longa distância, foi observado no feijoeiro.

7) O feijoeiro foi muito mais sensível à toxidez de cádmio do que as plantas de arroz.

EFFECTS OF CADMIUM ON RICE (*Oryza sativa* L.) AND BEAN
(*Phaseolus vulgaris* L.) GROWN IN NUTRIENT SOLUTIONS

Author: Santiago Gaona Jurado

Adviser: Eurípedes Malavolta

SUMMARY

Several experiments were carried out in order to study the effects of Cd supply on growth, symptomatology, and mineral composition of rice (*Oryza sativa* L., cv IAC 4440) and bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv Carioca 80) plants.

Cd was supplied at the levels of 0.00, 0.05, 0.50 and 5.00 ppm for rice and 0.0000, 0.0025, 0.0050, 0.0500, and 0.5000 for the bean plants, based on preliminar experiments.

Rice plants were collected for growth and mineral analysis at maximum tillering and panicle formation, whereas bean plants were harvested both at flowering and pod formation.

Chief conclusions are as follows:

- 1) Increasing levels of Cd in the nutrient solution affected the growth both of tops and roots.

- 2) The most conspicuous symptom of toxicity was

the presence of reddish brown specks on leaves, petioles and stems of the bean plant, and on rice leaves.

3) Cd concentrations lower or equal to 0.05 ppm had a beneficial effect on the growth of rice, as well as on the content of all nutrients which were analysed (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn). Higher concentrations, however, had the opposite effect on mineral composition, exception made for the elements Cu, Fe, and Mn.

4) In a general way, Cd had a depressive effect on the growth of bean plants, as well as in the accumulation of N, K, Ca, Mg and Zn.

5) The largest proportion of Cd taken up by both species was concentrated in the root system.

6) Relatively speaking, a more pronounced inhibition on the long distance transport of Cd was observed in beans.

7) Bean plants were much more sensitive to Cd toxicity than rice.

1. INTRODUÇÃO

O cádmio é um metal pesado, tóxico aos seres vivos, quando encontrado no meio-ambiente acima de certos níveis.

Apesar de ser encontrado em baixa concentração na crosta terrestre e nos solos, raramente excedendo a 1 ppm, pode ser detectado também através da aplicação de defensivos agrícolas, de adubos fosfatados, e ainda por meio de resíduos urbanos tais como lodos de esgoto, fumaça de fornos industriais, de veículos automotores, etc.

Acumulado no solo, pode ser absorvido pelas plantas, provocando-lhes efeitos deletérios, como retardamento do crescimento da parte aérea e das raízes, manifestando sintomas visuais, como clorose nas folhas e coloração vermelho-acastanhado nas margens e nervuras. Em nível fisiológico, o cádmio em nível tóxico, além de interferir no metabolismo de alguns micronutrientes, inibe a fotossíntese, altera o conteúdo de água da planta, a fixação de CO_2 , a síntese de DNA, etc.

Compostos de cádmio do solo possuem características semelhantes aos compostos correspondentes ao de Zn, Co, Ni, Fe, Mg e Ca.

São escassos os estudos na literatura internacional sobre níveis de cádmio em solução nutritiva, e não existe nenhum no Brasil.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo estudar a influência de níveis de cádmio no desenvolvimento de plantas de arroz e de feijão, na composição de alguns nutrientes essenciais e estabelecer sintomatologia de toxicidade de cádmio nessas culturas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mecanismos de absorção do cádmio

2.1.1. Arroz

Em plântulas de arroz, FUJIMOTO & UCHIDA (1979) observaram que a absorção de cádmio acontece em duas fases: uma fase inicial rápida, acompanhada de uma taxa de absorção elevada, seguida de uma segunda fase, onde a absorção é mais regular com taxas de absorção menores. Estas duas fases determinaram a distribuição do elemento dentro da planta. Segundo EPSTEIN (1975), os possíveis mecanismos envolvidos nos processos de absorção de cádmio pelas plantas são basicamente dois: um processo ativo, dependente da atividade metabólica e outro passivo, que acompanha o fluxo da transpiração. A participação destes processos é função da concentração do íon no meio de crescimento, onde baixas concentrações do íon, determinam a dominância do processo ativo, enquanto em elevadas concentrações do íon no substrato predomina o processo passivo.

Existe, portanto, um ponto de mudança do íon no substrato, que determina a separação, entre os dois processos de absorção. Para FUJIMOTO & YOSHIYA (1979) as respostas fisiológicas do arroz ao cádmio são diferentes em relação à concentração do mesmo elemento na solução nutritiva, seja abaixo ou acima do ponto de mudança. Segundo os autores, esta concentração na solução nutritiva pode estar entre 0,05 e 0,25 ppm. Por outro lado, HONMA & HIRATA (1984) demonstraram que em raízes intactas de plântulas de arroz, a absorção de cádmio foi mais rápida com concentrações do íon no meio de crescimento abaixo de 0,06 ppm. Segundo os mesmos autores, o ponto de mudança estaria localizada entre 0,001 e 0,1 ppm de cádmio na solução nutritiva.

2.1.2. Feijão

HARDIMAN & JACOBY (1984) ao estudar a absorção e translocação de cádmio em plantas de feijão encontraram que o cádmio fica ligado principalmente às raízes, estabelecendo-se um equilíbrio de troca entre os sítios de ligação da raiz e o meio externo. Com respeito às quantidades de cádmio translocado, via xilema, para as folhas, os mesmos autores observaram que esta depende das interações químicas estabelecidas entre o cádmio contido na seiva bruta e os sítios de absorção presentes no tecido vascular. Através de estudos cromatográficos conseguiram observar que os vasos

do xilema comportam-se como colunas de troca para o cádmio. Os autores sugerem que a distribuição do cádmio ao longo do caule, ligada às características de troca, poderiam explicar as baixas concentrações encontradas nas folhas.

2.2. Distribuição de cádmio nas partes da planta

2.2.1. Arroz

DABIN *et alii* (1978) concluíram que a distribuição de cádmio em plantas de arroz é função do nível do elemento no meio de crescimento, onde a porcentagem relativa mais elevada foi observada nas raízes. O cádmio permanece, conseqüentemente, fixado nas posições radiculares e seu índice de translocação é muito baixo. Segundo os autores, o cádmio encontra-se ligado a compostos orgânicos de baixo peso molecular, onde predominam grupos cisteicos. Por outro lado, FUJIMOTO & UCHIDA (1979) ao estudar a absorção de cádmio em plantas de arroz, encontraram que ao incrementar a concentração de cádmio na solução nutritiva, o conteúdo de cádmio aumentava em cada parte da planta e era na seguinte ordem: raiz > colmo > folha > espiga.

2.2.2. Feijão

BARCELO *et alii* (1985) ao estudar o conteúdo de cádmio assim como de outros nutrientes em plantas de feijão, verificaram que as concentrações de cádmio, nas distin-

tas partes da planta, apresentaram a seguinte ordem: raiz > caule > folhas primárias > folhas trifoliadas.

O fato de existirem concentrações mais elevadas de cádmio nas raízes em relação à parte aérea da planta, segundo WEIGEL & JAGER (1980), é porque dentro destas, o cádmio encontra-se presente em uma forma mais inativa, ligado a peptídeos ou proteínas de baixo peso molecular (PM 5000 - 10.000), e os autores sugerem que esta ligação do cádmio é responsável pelo limitado transporte das raízes à parte aérea da planta. Por outro lado, CABOT (1985) observou um aumento do conteúdo de fósforo nas raízes de feijoeiro tratadas com cádmio, e sugere que este aumento pode ser um mecanismo de defesa da planta frente à entrada de cádmio, visto que ambos poderiam formar complexos insolúveis na raiz restando o cádmio, evitando seu transporte às partes aéreas, onde sua presença seria muito mais prejudicial para o homem e outros animais.

A ligação do cádmio às paredes celulares das raízes pode, igualmente, inibir a translocação deste para as partes aéreas (CUTLER & RAINS, 1974; WEIGEL & JAGER, 1980).

As baixas concentrações de cádmio nas folhas refletem a dificuldade de ser transportado no interior da planta, embora, segundo CABOT (1985), a ascensão via xilema se realizaria através de um processo de troca iônica, existindo além disso uma redistribuição do íon via floema. Menciona, também, que o cádmio não está livre no interior da

planta, mas ligado a proteínas similares à metalotionina, isolada em animais, cujo significado fisiológico ainda não está estabelecido.

2.3. Níveis tóxicos de cádmio em solução nutritiva e sintomas de toxidez em plantas

A informação disponível na literatura sobre absorção de cádmio pelas plantas em relação aos seus níveis em solução nutritiva são ainda escassos.

2.3.1. Arroz

FUJIMOTO & UCHIDA (1979) observaram severas reduções no crescimento do arroz com o emprego de 6,25 ppm de cádmio na solução nutritiva.

Com respeito aos sintomas de toxidez provocados pelo cádmio, MERCADO & SOTTO (1985) observaram em plântulas de arroz, grandes reduções no comprimento da raiz e do epicótilo e mesocótilo do embrião, com aparecimento de pigmentações de cor castanha progredindo até atingir uma coloração muito escura. DON (1982), por sua vez, observou que o cádmio causou clorose internerval nas folhas acompanhadas de pontuações de cor castanha as quais foram coalizando-se e formando áreas necróticas. O autor igualmente observou secamento das pontas e margens das folhas.

2.3.2. Feijão

Resultados obtidos por PAGE *et alii* (1972) mos

tram que o crescimento do feijoeiro foi reduzido de 50% quando a concentração de cádmio na solução nutritiva era 0,2 ppm.

Em relação aos sintomas de toxidez provocados pelo cádmio, BARCELO *et alii* (1988) encontraram em plantas de feijoeiro redução significativa do crescimento, clorose nas folhas trifoliadas e manchas castanho-avermelhadas no caule, pecíolo e nervuras, principalmente nas folhas primárias. As raízes apresentaram intensa cor pardo-avermelhada, redução do comprimento acompanhada de espessamento e ausência de raízes laterais.

2.4. Causa da toxidez

Vários trabalhos indicam que a causa básica da toxicidade do cádmio em plantas reside, provavelmente, na alta afinidade do cádmio por grupos tiólicos (-SH) em enzimas e outras proteínas, provocando em consequência disto, distúrbios na atividade enzimática (DABIN *et alii*, 1978; CASTERLINE & BARNETT, 1982; CATALDO *et alii*, 1981).

Os efeitos bioquímicos do cádmio têm sido mais profundamente investigados em tecidos animais, que possuem a metalotionina, que é uma proteína rica em radicais -SH, e que retém metais pesados, podendo ser continuamente sintetizada em casos de exposição ao cádmio (DABIN *et alii*, 1978).

Nas plantas, muito pouco se conhece em relação

aos aspectos bioquímicos do cádmio. A natureza de uma grande fração de proteínas de variado peso molecular, que exibem uma forte afinidade pelo cádmio, ainda não é muito clara (GIRLING & PETERSON, 1981). DABIN *et alii* (1978) em arroz e PETIT *et alii* (1978) em tomateiro verificaram que o cádmio aumentou a quantidade de grupos cisteicos nas raízes, respectivamente, onde a absorção de cádmio esteve associada com a produção de novos sítios de ligação, incluindo grupos tiólicos.

O fato de que o cádmio ligado a proteínas tem implicações tóxicas ou representa um possível mecanismo de desintoxicação natural dentro da planta, é ainda tema de discussão (GIRLING & PETERSON, 1981; CABOT, 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado nas instalações do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba, Estado de São Paulo, nos anos de 1987 e 1988.

3.1. Determinação da época de aplicação e dos níveis de cádmio em solução nutritiva

Com o objetivo de determinar a época fisiológica mais adequada para a aplicação de cádmio, assim como a definição das doses de cádmio a serem utilizadas na solução nutritiva, foram conduzidos dois ensaios preliminares em feijoeiro e um ensaio preliminar em arroz, onde posteriormente com os resultados obtidos, foram instalados ensaios definitivos para ambas as culturas.

3.1.1. Arroz

3.1.1.1. Ensaio 1 - preliminar

Baseado na literatura, foram escolhidos os se-

guintes níveis de cádmio a serem utilizados na solução nutritiva: 0,00; 0,05; 0,50 e 5,00 ppm, respectivamente.

O cádmio foi aplicado no momento do transplante das plântulas (31 dias após semeadura), em recipientes plásticos de 1,5 l de capacidade contendo duas plantas.

Durante o ciclo da planta, foram realizadas duas colheitas correspondendo aos períodos fisiológicos de máximo perfilhamento e formação da panícula.

3.1.1.2. Ensaio 2 - definitivo

Com a informação obtida no ensaio 1, foram definidos os níveis, época fisiológica de aplicação de cádmio na solução nutritiva, e resumindo-se uma planta por recipiente.

Foram realizadas duas colheitas nos mesmos períodos fisiológicos mencionados no item 3.1.1.1.

As parcelas correspondentes ao nível maior de cádmio na solução nutritiva (5,00 ppm) foram coletadas em sua totalidade na ocasião do máximo perfilhamento, devido ao elevado efeito tóxico (mais de 50% de redução no crescimento) provocado pelo cádmio nas plantas de arroz.

3.1.2. Feijão

3.1.2.1. Ensaio 1 - preliminar

Procedeu-se à definição dos níveis de cádmio, havendo um necessário ajuste em relação aos níveis reportados na literatura. As concentrações 0,000; 0,005; 0,050 e 0,500 ppm, foram empregados porque a níveis maiores que este último o efeito deletério era drástico.

O cádmio foi aplicado, no momento do transplante das plântulas (15 dias após semeadura), em recipientes plásticos de 1,5 l de capacidade, contendo uma planta.

Durante o ciclo do feijoeiro, foram realizadas duas colheitas, correspondentes aos períodos fisiológicos de floração e formação de grãos.

Na ocasião da floração, foi realizada a colheita das parcelas correspondentes ao tratamento com a maior concentração de cádmio (0,500 ppm) na solução nutritiva, devido ao elevado efeito tóxico (mais de 50% de redução no crescimento) provocado pelo cádmio nas plantas de feijão.

Na segunda colheita, ou seja, na ocasião da formação de grãos, não foi observada uma produção significativa de vagens, mas constatou-se a manifestação visual no feijoeiro dos sintomas provocados pelo cádmio.

Neste ensaio não foi feita a análise estatística

ca dos teores de macronutrientes, micronutrientes e de cádmio da planta.

3.1.2.2. Ensaio 2 - preliminar

Com base nos resultados obtidos no ensaio 1, os níveis de cádmio empregados na solução nutritiva foram mantidos, embora o cádmio fosse aplicado na solução uma semana antes de ocorrer a floração (24 dias após semeadura).

Durante o ciclo do feijoeiro, foram realizadas duas colheitas, nos mesmos períodos fisiológicos assinalados no item 3.1.2.1.

Neste ensaio não foram observados efeitos visíveis de cádmio na planta em nenhum dos tratamentos em estudo. Por outro lado, as plantas conseguiram boa produção de vagens independente da concentração de cádmio na solução nutritiva.

Devido à escassa absorção de cádmio registrada nos diferentes órgãos da parte aérea da planta, nos dois períodos fisiológicos considerados, não foi feita análise estatística dos correspondentes teores de metal.

3.1.2.3. Ensaio 3 - definitivo

Com os resultados obtidos nos ensaios anteriores, foram modificados e definidos os níveis de cádmio, sendo eles: 0,0000; 0,0025; 0,0050; 0,0500 e 0,5000 ppm, respectivamente.

Definiu-se a época de aplicação fisiológica de cádmio na solução nutritiva como sendo a descrita no item 3.1.2.1.

Na ocasião do florescimento, as parcelas correspondentes aos níveis 0,0500 e 0,5000 ppm na solução, foram coletadas em sua totalidade, devido ao elevado efeito tóxico (mais de 50% de redução no crescimento) provocado pelo cádmio ao feijoeiro.

Neste ensaio conseguiu-se obter os efeitos visíveis do cádmio na planta assim como uma boa produção de vagens.

Da mesma forma, como foi assinalado para o ensaio 2, com respeito à escassa absorção de cádmio registrada pelos órgãos aéreos da planta, não foi feita a análise estatística correspondente aos teores do elemento nesses mesmos órgãos, nos dois períodos fisiológicos considerados.

3.2. Procedimento geral dos ensaios em solução nutritiva

3.2.1. Ensaio com arroz

3.2.1.1. Cultivar utilizada

Utilizou-se sementes da variedade IAC-4440, cedidas pela Seção de Nutrição Mineral de Plantas, CENA.

3.2.1.2. Obtenção das mudas

Após desinfecção por meio de lavagem com solução de hipoclorito de sódio diluída na proporção 1:10 de água destilada, as sementes foram postas para germinar em vermiculita umidecida com solução de sulfato de cálcio $10^{-4}M$ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Após a emergência, as plântulas foram recebendo a solução de sulfato de cálcio todas as vezes em que a superfície do meio de cultura se mostrou seca. Quando as plântulas estavam com 20 dias de idade, foram transplantadas para bandejas com capacidade de 40 litros, contendo solução N.1 de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a um quinto da conservação usual, e arejamento.

3.2.1.3. Tratamentos

Após permanecer 11 dias na bandeja, as plântulas foram transplantadas para recipientes de plástico, com capacidade de 1,5 l, os quais foram isolados externamente com uma camada de pintura de aluminol. Foram considerados para cada um dos períodos fisiológicos (Idem 3.1.1.1.) 4 tratamentos com 4 repetições, com 1 plântula por recipiente. As plantas foram cultivadas em solução N.1. de HOAGLAND & ARNON (1950). Os micronutrientes foram fornecidos por meio de solução "a" e, o ferro como Fe-EDTA (etileno diamino tera acetato dissódico) de acordo com MALAVOLTA

(1979). O cádmio foi fornecido como cloreto de cádmio ($\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

As concentrações de cádmio na solução nutritiva 0,05-0,50 e 5,00 ppm foram obtidas adicionando-se respectivamente 0,5 - 5,0 e 50,0 ml da solução de $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($8,9 \times 10^{-4} \text{M}$) para cada litro da solução nutritiva.

3.2.1.4. Condução do ensaio

As plântulas, após serem transplantadas para vasos plásticos de 1,5 l de capacidade, foram fixadas às tampas com auxílio de espuma plástica. Desde a instalação do ensaio até a sua colheita, as soluções foram completamente arejadas com ajuda de compressor de ar. De 15 em 15 dias procedeu-se à substituição das soluções nutritivas, que constituíam os tratamentos, até o final do ciclo delas. Além disso, os volumes das soluções eram completados com água destilada sempre que necessário. Houve ataque generalizado de ácaro vermelho (*Tetranychus* sp.) que foi controlado com duas pulverizações com Kelthane, na proporção de 1 ml do produto/l.

3.2.1.5. Colheita e preparo do material para análises

As plantas coletadas na ocasião do máximo perfilhamento, foram separadas em raiz, colmo e folha, e aquelas coletadas no momento da formação da panícula foram separadas em raiz, colmo, folha e panícula.

As raízes foram lavadas em água destilada corrente e enxugadas em papel toalha.

As diversas partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente etiquetados e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60-70°C, no mínimo por 72 horas. Após a secagem, os materiais foram pesados, obtendo-se os dados de matéria seca dos diversos órgãos da planta.

Após a obtenção da matéria seca, as várias partes foram trituradas em moinho "Wiley" com peneira de malha 20, acondicionadas em saquinhos de papel e guardadas para análises posteriores.

3.2.1.6. Análises químicas

Para o caso do ensaio 1, as amostras foram analisadas isoladamente, enquanto as correspondentes ao ensaio 2, foram juntadas em duas repetições. As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e digestão nitroperclórica de acordo com JORGENSEN (1977). Em seguida, os extratos foram utilizados para a determinação dos teores de macronutrientes (com exceção do enxofre), micronutrientes (com exceção de boro e molibdênio) e de cádmio, pelos seguintes métodos: Nitrogênio (Microkjeldahl) e fósforo (colorimetria) de acordo com MALAVOLTA (1979).

Potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e cádmio: espectrofotometria de absorção atômica de acordo com JORGENSEN (1977).

3.2.1.7. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos, cada tratamento com 4 repetições, sendo cada planta considerada uma repetição.

3.2.1.8. Análise estatística

Para se avaliarem os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento das espécies estudadas os seguintes parâmetros foram analisados estatisticamente:

- peso da matéria seca das partes aéreas, raízes e total em relação às doses aplicadas de cádmio;
- concentração de macro e micronutrientes nas partes aéreas e raízes, em relação às doses de cádmio aplicadas;
- teores de cádmio nas partes aéreas e raízes em relação às doses aplicadas.

Os dados de produção de matéria seca, concentração de macro e micronutrientes e de cádmio, em relação às doses de cádmio aplicadas na solução nutritiva, foram submetidas à análise de variância e análise de regressão.

3.2.2. Ensaio com feijão

3.2.2.1. Cultivar utilizada

Foram utilizadas sementes da cultivar: Carioca 80, cedidas pelo Departamento de Sementes, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

3.2.2.2. Obtenção das mudas

As sementes previamente desinfestadas e postas a germinar conforme o item 3.2.1.2. foram transplantadas aos 7 dias após sementeira para as bandejas de 40 l de capacidade, contendo solução N. 1 de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a 1/5 da concentração usual com adição de micronutrientes (MALVOLTA, 1975) e Fe-EDTA (JACOBSON, 1951), com arejamento.

3.2.2.3. Tratamentos

Após permanecer 8 dias na bandeja, as mudas foram transplantadas para recipientes plásticos com 1,5 l de capacidade isolados externamente, como em 3.2.1.3. Foram considerados para cada um dos períodos fisiológicos (Item 3.1.2.1.) 5 tratamentos com 4 repetições, com 1 planta por recipiente. As plantas foram cultivadas em solução N.1 de HOAGLAND & ARNON (1950) conforme o item 3.2.1.3. O cádmio foi fornecido como cloreto de cádmio ($\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). As soluções foram arejadas continuamente desde o início dos

trabalhos até a colheita do ensaio.

Os tratamentos e composições de cádmio aplicados à solução em ml/l, foram as seguintes:

Tratamentos	Cd	CdCl ₂ .2H ₂ O	Cd	CdCl ₂ .2H ₂ O
	ppm	8,9x10 ⁻⁵ M ml/l	ppm	3,34x10 ⁻⁵ M ml/l
	<u>1º e 2º ensaio</u>		<u>3º ensaio</u>	
Cd ₀	0,000	-	0,0000	-
Cd ₁	0,005	0,5	0,0025	0,5
Cd ₂	0,050	5,0	0,0050	1,0
Cd ₃	0,500	50,0	0,0500	10,0
Cd ₄	-	-	0,5000	100,0

3.2.2.4. Condução do ensaio

As plântulas foram transplantadas para recipientes plásticos de 1,5 l mantendo-se os tratamentos segundo o item 3.2.2.3. Desde a instalação do ensaio até a sua colheita, as soluções foram continuamente arejadas.

De 15 em 15 dias procedia-se à substituição das soluções nutritivas até ser completado o ciclo das plantas. O volume da solução era completado com água destilada sempre que necessário.

Foram feitas duas pulverizações com Kelthane na concentração de 1 ml do produto/l, para controle de ácaro rajado (*Tetranychus urticae*).

3.2.2.5. Colheita e preparo do material para análise

As plantas coletadas por ocasião da floração foram separadas em raiz, caule e folha, enquanto, que as plantas coletadas no momento da formação de grãos, foram separadas em raiz, caule, folha, casca e grão.

3.2.2.6. Análise química

Segundo o exposto no item 3.2.1.6.

3.2.2.7. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, para cada um dos ensaios realizados.

3.2.2.8. Análise estatística

Para se avaliarem os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento das plantas, os parâmetros analisados foram os mesmos já expostos no item 3.2.1.8.

4. RESULTADOS

4.1. Crescimento

4.1.1. Arroz

Nos Apêndices 1 a 4 têm-se os resultados da produção de matéria seca das partes amostradas da planta e matéria seca total, por ocasião do máximo perfilhamento e formação da panícula. Mediante a utilização do teste de Tukey a 5%, constatou-se que a adição de doses crescentes de cádmio na solução, acarretaram mudanças significativas nas médias em questão.

Por ocasião do máximo perfilhamento, conforme o Apêndice 1, verificou-se com emprego de 5,00 ppm de cádmio, reduções significativas na matéria seca da parte aérea e matéria seca total. No Apêndice 3, níveis iguais ou acima de 0,50 ppm de cádmio, reduziram significativamente a matéria seca das partes amostradas da planta e da matéria seca total.

Verifica-se também pelos Apêndices 1 e 3 que

o nível 0,05 ppm de cádmio não teve efeito tônico, pelo contrário, no segundo ensaio parece existir mesmo um efeito estimulante quando se compara a produção de matéria seca deste tratamento com a testemunha. Estas observações tornam-se mais evidentes quando os resultados foram transformados em produções relativas de matéria seca (Tabelas 1 e 3).

Por ocasião da formação da panícula, o cádmio causou os mesmos efeitos tóxicos no nível de 5,0 ppm (Apêndice 2) e 0,50 ppm (Apêndice 4) na solução, já manifestado na fase de máximo perfilhamento. Este efeito tóxico é evidente também na matéria seca da panícula dos dois ensaios. Para o nível de 0,05 ppm de cádmio o possível efeito estimulante na produção de matéria seca por ocasião do perfilhamento não é evidente na produção de matéria seca da panícula, embora em algumas partes da planta tenha havido um pequeno aumento de matéria seca quando as médias deste nível com a testemunha. As produções relativas de matéria seca contidas nas Tabelas 2 e 4 corroboram essa informação.

Encontram-se na Tabela 5, as correlações entre

Tabela 1. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Parte aérea	Total
----- % -----			
0,00	100	100	100
0,05	90	106	99
0,50	88	95	92
5,00	80	92	86

Tabela 2. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
----- % -----					
0,00	100	100	100	100	100
0,05	97	113	107	92	106
0,50	95	114	97	81	102
5,00	96	71	63	73	69

Tabela 3. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião de máximo perfilhamento em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Total
----- % -----				
0,00	100	100	100	100
0,05	124	134	117	123
0,50	54	55	58	56
5,00	44	44	40	42

Tabela 4. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca de arroz por ocasião da formação da panícula em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
----- % -----					
0,00	100	100	100	100	100
0,05	78	90	111	108	92
0,50	61	74	92	71	73

Tabela 5 - Equações de regressão entre log matéria seca (g) dos diferentes órgãos de arroz (y) e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão		F
1	Perfilhamento	raiz	$y = 0,677 - 0,032x$	-0,82	ns
		p. aérea	$y = 0,862 - 0,019x$	-0,73	ns
		total	$y = 1,466 - 0,025x$	-0,88	ns
	Panícula	raiz	$y = 1,985 - 0,078x$	-0,99	*
		colmo	$y = 3,061 - 0,085x$	-0,94	*
		folha	$y = 2,360 - 0,099x$	-0,99	*
		panícula	$y = 1,732 - 0,047x$	-0,82	ns
	Panícula	raiz	$y = 3,606 - 0,802x$	-0,90	ns
		colmo	$y = 4,046 - 0,538x$	-0,96	ns
2	Perfilhamento	raiz	$y = 0,524 - 0,152x$	-0,75	ns
		colmo	$y = 0,496 - 0,159x$	-0,75	ns
		folha	$y = 1,030 - 0,173x$	-0,85	ns
		total	$y = 1,814 - 0,163x$	-0,80	ns
	Panícula	raiz	$y = 3,606 - 0,802x$	-0,90	ns
		colmo	$y = 4,046 - 0,538x$	-0,96	ns
		folha	$y = 3,200 - 0,271x$	-0,78	ns
		panícula	$y = 2,680 - 0,791x$	-0,97	ns
	Panícula	total	$y = 4,893 - 0,585x$	-0,98	ns

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

matéria seca das partes amostradas da planta e níveis de cádmio na solução nutritiva. Mediante o emprego de funções exponenciais, observou-se decréscimo na matéria seca da folha e matéria seca total (ensaio 1 e 2) com aumento dos níveis de cádmio na solução, com elevados coeficientes negativos de correlação.

4.1.2. Feijão

Encontram-se nos Apêndices 5 a 10 os resultados da produção de matéria seca das partes amostradas da planta e matéria seca total, por ocasião da floração e formação de grãos. Constatou-se pelo teste de Tukey a 5%, mudanças significativas na matéria seca do feijoeiro, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.

Por ocasião do florescimento do feijoeiro, verificou-se, em relação à testemunha, uma pequena redução na matéria seca das plantas no nível de 0,005 ppm de cádmio (1º ensaio, Apêndice 5) e 0,0025 ppm de cádmio (3º ensaio, Apêndice 9), embora só houve significância estatística a partir do nível 0,0500 ppm de cádmio. Cabe ressaltar que nestes dois ensaios o cádmio foi aplicado no momento do transplante das plântulas com 15 dias após semeadura para as soluções nutritivas.

A produção relativa de matéria seca em feijoeiro destes 2 ensaios encontra-se, respectivamente, nas

Tabelas 6 e 10, e evidencia estas informações.

No ensaio 2 o cádmio foi colocado nas soluções nutritivas na ocasião do transplante das plântulas 24 dias após a sementeira, portanto com desenvolvimento maior do que nos ensaios 1 e 3. Este fato pode ser o motivo pelo qual não houve um nível de cádmio na solução nutritiva que causasse efeitos tóxicos, com diminuições significativas na matéria seca do feijoeiro, o que pode ser constatado nas Tabelas 8 e 9.

Encontram-se na Tabela 12 as correlações referentes aos ensaios 1º e 3º entre matéria seca e níveis de cádmio na solução nutritiva. Verificou-se, mediante o emprego de funções exponenciais, decréscimo na matéria seca das partes amostradas da planta, assim como matéria seca total, com o aumento dos níveis de cádmio na solução nutritiva.

Por ocasião da formação de grãos (Apêndices 6, 8 e 10), o que já foi discutido para a época da floração permanece válido para esta época. Cabe ressaltar no ensaio 3. que a concentração de 0,0025 ppm de cádmio mostrou um possível efeito estimulante sobre a matéria seca total do feijoeiro, por ocasião da floração (Apêndice 10), não ocorrendo a pequena diminuição na matéria seca observada por ocasião da floração (Apêndice 9). É importante observar também que houve uma recuperação da planta, quanto aos efeitos tóxicos, quando se compararam o desenvolvimento do feijoeiro nos dois estádios fisiológicos.

Tabela 6. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- % -----				
0,000	100	100	100	100
0,005	82	52	69	66
0,050	32	15	15	17
0,500	10	12	4	6

Tabela 7. Ensaio 1. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- % -----				
0,000	100	100	100	100
0,005	98	90	93	95
0,050	46	27	44	37

Tabela 8. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- % -----				
0,000	100	100	100	100
0,005	99	106	86	94
0,050	120	123	99	110
0,500	82	78	135	107

Tabela 9. Ensaio 2. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
----- % -----						
0,000	100	100	100	100	100	100
0,005	101	92	88	65	154	91
0,050	94	90	84	90	148	91
0,500	98	97	89	95	143	96

Tabela 10. Ensaio 3. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- % -----				
0,0000	100	100	100	100
0,0025	92	89	103	98
0,0050	59	79	86	82
0,0500	7	7	9	8
0,5000	2	3	2	2

Tabela 11. Ensaio 3. Produção relativa de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
----- % -----						
0,0000	100	100	100	100	100	100
0,0025	104	113	114	162	89	113
0,0050	103	94	100	112	93	99

Tabela 12. Equações de regressão entre log matéria seca (g) dos diferentes órgãos do feijoeiro (%) e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão	F	
1	Floração	raiz	$y = 0,207 - 3,933x$	-0,92	ns
		caule	$y = 0,140 - 2,950x$	-0,70	ns
		folha	$y = 1,298 - 5,566x$	-0,88	ns
		total	$y = 1,732 - 4,480x$	-0,85	ns
	Grãos	raiz	$y = 0,886 - 23,022x$	-0,99	*
		caule	$y = 2,153 - 36,617x$	-0,99	*
		folha	$y = 2,039 - 25,667x$	-0,99	*
		total	$y = 2,736 - 29,607x$	-0,99	*
3	Floração	raiz	$y = 0,938 - 6,608x$	-0,84	ns
		caule	$y = 1,618 - 6,257x$	-0,82	ns
		folha	$y = 2,566 - 6,820x$	-0,85	ns
		total	$y = 3,027 - 6,643x$	-0,84	ns

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

As produções relativas dos ensaios de feijoeiro em formação de grãos, apresentadas nas Tabelas 7 e 11 confirmam essas afirmações.

Em relação ao Apêndice 8 (ensaio 2), embora não existissem diferenças significativas entre as médias das partes separadas da planta, observou-se que níveis crescentes de cádmio na solução motivaram um aumento da matéria seca dos grãos em relação às plantas-controle. Por sua vez, a Tabela 9 confirma essa evidência.

Na Tabela 12 encontram-se as correlações entre matéria seca das partes amostradas da planta e níveis de cádmio na solução nutritiva. Observou-se com o emprego de funções exponenciais, decréscimo das partes amostradas e matéria seca total, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva (ensaio 19).

4.2. Sintomas

4.2.1. Arroz

Os sintomas de toxidez provocados pelo cádmio em arroz surgiram, inicialmente, apenas nos níveis mais elevados. Após 7 dias do transplante das mudas para as soluções nutritivas com cádmio, as folhas mais novas das plantas correspondentes ao nível mais alto (5,00 ppm), apresentaram clorose internerval com presença de pontuações de cor vermelha intensa e secamento das pontas. As plantas mostraram redução

significativa no crescimento da parte aérea e das raízes, e estas por sua vez, tornaram-se de uma cor parda escura, com ausência de raízes laterais e de maior diâmetro. Após 20 dias, as folhas mais novas no terço superior, mostraram-se com os bordos e ápices necrosados, enrolando-se em forma de espiral, extendendo-se os sintomas para as folhas mais velhas, que por sua vez, apresentaram redução significativa na sua área foliar. As raízes mostraram necrosamento das pontas, redução significativa no seu crescimento e cor parda escura. As plantas submetidas ao nível de 0,50 ppm de cádmio, mostraram os mesmos sintomas descritos, não obstante com menor intensidade.

As plantas sob nível mais baixo de cádmio (0,05 ppm), decorridos 42 dias do transplante não mostraram sintomas visíveis, pois seus aspectos eram semelhantes ao das plantas-controle, embora, aparentemente, fosse de maior crescimento da parte aérea e das raízes nas primeiras. Neste nível de cádmio, o desenvolvimento da planta e espigas foram semelhantes ao da testemunha.

4.2.2. Feijão

Em feijoeiro, os sintomas de toxidez provocados pelo cádmio surgiram também inicialmente nos níveis mais elevados. Após 24 horas do transplante das mudas para a solução nutritiva contendo cádmio, as folhas das plantas corresponsáveis ao nível mais alto (0,5000 ppm) tornaram-se completamente murchas. Após 2 dias observou-se, nestas mesmas plantas, o aparecimento de pontuações vermelhas nos caules e pe-

cíolos com manifestação de uma necrose geral das folhas, enquanto as raízes, foram adquirindo uma cor castanha escura. Ao mesmo tempo, os trifólios mais novos das plantas submetidas ao nível de 0,0500 ppm de cádmio foram apresentando clorose com a presença de pontuações avermelhadas no caule, pecíolo e nervuras, principalmente, nas folhas primárias. Após 5 dias, as plantas expostas ao nível de 0,5000 ppm de cádmio mostraram paralização total no crescimento, as folhas estavam completamente ressecadas, senescentes, com o aparecimento de depressões longitudinais no pecíolo e no caule. As raízes, por sua vez, apresentaram redução significativa do seu crescimento, seus tecidos estavam completamente destruídos com aspecto de putrefação, ausência de raízes laterais e cor escura. Nesta mesma época, com respeito às plantas expostas ao nível de 0,0500 ppm de cádmio, apresentavam, além da clorose, encarquilhamento dos trifólios mais novos, mantendo as folhas mais velhas a cor verde. As raízes, por sua vez, apresentaram redução em seu crescimento, ausência de raízes laterais e de cor parda escura. Contudo, é clara uma redução significativa no crescimento da planta. No momento da colheita, percebeu-se que os caules e pecíolos das plantas expostas a 0,0500 ppm de cádmio tornaram-se quebradiços.

Com respeito às plantas tratadas com níveis mais baixos de cádmio, as expostas a concentrações de 0,0050 ppm, após 30 dias, mostraram ligeira redução no crescimento da parte aérea, sem sintomas visuais e as raízes cores ligeira

mente escuras e com menor produção de raízes laterais. As plantas expostas ao nível de 0,0025 ppm de cádmio, mostraram um maior crescimento aparente da parte aérea e da raiz em relação do controle, sem sintomas visuais. O cádmio em baixas concentrações, não afetou as épocas de floração e de produção de grãos das plantas, quando comparadas com o controle.

4.3. Teores de nutrientes e de cádmio em arroz e feijão

4.3.1. Teores de nutrientes em arroz e feijão

São apresentadas nos Apêndices 11 a 100 as médias das concentrações e das quantidades absorvidas (mg/planta) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva, nos 2 ensaios de arroz e 3 ensaios com feijoeiro e em vários estádios fisiológicos.

São apresentados também os resultados das análises estatísticas. Ressalta-se que os coeficientes de variação estão dentro dos níveis admitidas ($CV \leq 20\%$), com raras exceções.

São dados nos Apêndices 101 e 102, as equações de regressão com os respectivos valores de r e a significância dos mesmos pelo teste F , ao nível de 5%.

Para facilitar a constatação das variações dos teores e quantidades dos diferentes nutrientes em relação

aos níveis de cádmio na solução nutritiva, elaborou-se as Tabelas 13 a 16, onde separaram-se 2 dois níveis de cádmio na tentativa de explicitar o efeito deletério e estimulante do cádmio sobre as plantas de arroz e feijoeiro.

No arroz, conforme as Tabelas 13 e 14, os ensaios realizados mostraram diferenças com respeito aos efeitos do cádmio na concentração dos nutrientes em cada um deles. Por sua vez, o cádmio mostrou efeitos diferentes quando presente em baixas ou elevadas concentrações na solução nutritiva sobre as quantidades totais acumuladas dos nutrientes nas plantas.

No ensaio 1, independente do nível de cádmio na solução nutritiva e da época fisiológica da planta, observou-se uma tendência na redução das quantidades totais acumuladas dos nutrientes, com exceção do cobre, ferro e manganês, os quais, de um modo geral, mostraram aumentos nos seus conteúdos totais na planta. No ensaio 2, baixas concentrações de cádmio na solução (0,05 ppm) e com o início do crescimento da planta, observou-se uma tendência no aumento das quantidades totais acumuladas dos nutrientes nas partes amostradas da planta e na matéria seca total com respeito às plantas-controle. Com o desenvolvimento da planta, houve redução nos conteúdos de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e de cobre com visíveis aumentos, por sua vez, de nitrogênio, ferro, manganês e zinco. Já, concentrações elevadas de cádmio na solução nutritiva ($> 0,05$ ppm),

Tabela 13. Efeito de doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) de macronutrientes em arroz

Nutriente	Cd ppm	Perfilhamento										Panícula									
		Ensaio 1					Ensaio 2					Ensaio 1					Ensaio 2				
		r	pa	t	r	c	f	ct	r	c	f	p	t	r	c	f	p	t			
N	≤ 0,05	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+			
	mg	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+			
	> 0,05	v	+	-	+	v	-	+	-	v	v	-	+	+	+	+	-	+			
	mg	-	-	-	-	-	-	v	-	v	v	-	+	-	+	+	-	+			
P	≤ 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=	+	+	+	-	-	-			
	mg	-	-	-	+	+	+	+	-	-	=	-	-	-	-	-	+	-			
	> 0,05	-	-	-	+	+	-	-	-	v	v	v	+	+	+	+	+	-			
	mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-			
K	≤ 0,05	-	+	-	+	+	=	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-			
	mg	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	=	+	-	+	+	-	-			
	> 0,05	-	-	-	-	-	-	v	v	v	v	+	+	+	+	+	+	+			
	mg	-	-	-	-	-	-	v	v	v	v	+	+	+	+	+	+	+			
Ca	≤ 0,05	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	=	-	+	-			
	mg	-	+	+	+	+	+	+	+	+	=	+	-	-	-	-	-	-			
	> 0,05	v	v	v	-	-	-	-	-	v	-	-	-	-	-	-	+	-			
	mg	v	v	v	-	-	-	-	-	v	-	-	-	-	-	-	+	-			
Mg	≤ 0,05	-	-	-	-	+	+	+	+	+	=	-	+	=	+	-	-	-			
	mg	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-			
	> 0,05	v	-	-	-	-	-	-	-	v	v	v	+	=	-	-	+	-			
	mg	-	-	-	-	-	-	-	-	v	v	v	+	=	-	-	+	-			

Obs.: r = raiz
 pa = parte aérea
 c = colmo
 f = folha
 p = panícula
 t = total

+ = efeito positivo
 - = efeito negativo
 v = efeito variável
 = = efeito igual

Tabela 14. Efeito de doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) de micronutrientes em arroz.

Nutriente	Cd ppm	Perfilhamento										Panícula									
		Ensaio 1					Ensaio 2					Ensaio 1					Ensaio 2				
		r	pa	t	r	c	f	t	r	c	f	p	t	r	c	f	p	t			
Cu	≤ 0,05	+	-		-	-	=		-	-	+	+	-	=	-	=	+	+	-		
	μg	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	=	-	-	-	+	+	+	-		
	ppm	-	-		-	-	+		v	v	-	-	v	+	+	-	+	+	-		
	μg	-	-	-	-	-	-	-	v	v	-	-	v	-	-	-	-	-	-		
Fe	≤ 0,05	-	-		+	+	-		-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-		
	μg	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+		
	ppm	v	v		+	+	-		v	v	+	+	v	+	+	+	+	+	-		
	μg	v	v	v	v	v	-	-	v	v	v	-	v	-	-	+	+	+	-		
Mn	≤ 0,05	=	+		+	+	-		-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+		
	μg	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	ppm	v	-		v	v	+		v	v	v	v	v	+	+	+	+	+	+		
	μg	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+		
Zn	≤ 0,05	-	+		+	+	+		-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+		
	μg	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
	ppm	-	-		-	-	-		-	-	v	v	v	+	+	+	+	+	-		
	μg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-		

Obs.: r = raiz
 pa = parte aérea
 c = colmo
 f = folha
 p = panícula
 t = total
 + = efeito positivo
 - = efeito negativo
 v = efeito variável
 = = efeito igual

causaram efeitos contrários, isto é, observou-se redução nas quantidades totais acumuladas dos nutrientes, mesmo no início do crescimento da planta.

No feijoeiro, conforme as Tabelas 15 e 16, observou-se de um modo geral, que baixas concentrações de cádmio na solução ($\leq 0,005$ ppm), mostraram uma tendência no aumento das quantidades totais acumuladas de fósforo, cobre, ferro e manganês com redução nos conteúdos totais dos outros nutrientes em relação à testemunha, efeito observado desde o início do crescimento da planta. Por outro lado, concentrações acima de 0,005 ppm de cádmio, a tendência observada foi uma redução nos conteúdos totais dos nutrientes com raras exceções no aumento dos conteúdos totais de cobre, ferro e manganês na planta.

4.3.2. Cádmio

4.3.2.1. Arroz

Encontram-se nos Apêndices 103 a 106 os dados referentes aos teores médios de cádmio contidos na matéria seca das partes amostradas da planta por ocasião do máximo perfilhamento e formação da panícula e nos Apêndices 107 a 110 os dados médios correspondentes aos conteúdos totais do mesmo elemento em questão, nos mesmos órgãos da planta, referidos para os mesmos períodos fisiológicos. A observação dos dados permitiu estabelecer, mediante a utilização do teste

Tabela 15. Efeito de doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) de macronutrientes no feijoeiro.

Nutrien- te	Níveis de cádmio	Floração												Grãos																	
		Ensaio 1				Ensaio 3				Ensaio 2				Ensaio 1				Ensaio 3						Ensaio 2							
		r	c+r	f	t	r	c+r	f	t	r	c+r	f	t	r	c+r	f	t	r	c+r	f	c	g	t	r	c+r	f	c	g	t		
N	<0,0050 % mg	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	=	-	-	-	v	v	+	+	-	+	+	-	-	-	-		
		+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	v	v	v	+	+	v	+	-	-	-	-			
	>0,0050 % mg	+	+	+	-	-	-	-	-	v	-	v	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	v	v	-	-		
P	<0,0050 % mg	+	+	-	-	v	+	v	-	=	+	-	-	-	+	=	-	+	-	v	+	+	-	+	+	+	-	-			
		-	-	-	-	v	-	v	v	-	+	-	-	-	-	-	-	+	v	+	+	-	+	+	=	-	+	+			
	>0,0050 % mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	v	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	v	+			
K	<0,0050 % mg	-	+	+	-	+	v	v	-	-	+	-	-	-	+	-	-	v	-	-	v	+	-	-	=	+	+	-	-		
		-	-	-	-	v	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	v	v	-	v	v	v	-	-	-	+	+			
	>0,0050 % mg	+	=	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	v	v	-	-	v	+	-	-		
Ca	<0,0050 % mg	+	+	-	-	-	v	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+		
		=	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	=	+	-	+	-	v	-	-	-	-	+	-	-	+	-			
	>0,0050 % mg	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	v	+	+	+	-			
Mg	<0,0050 % mg	-	-	-	-	v	+	-	-	=	-	+	-	-	=	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-		
		-	-	-	-	-	=	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-			
	>0,0050 % mg	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	v	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	v	=	-	-	v	-		
Obs.: r = raiz		c = casca		+ = efeito positivo																											
c+r = caule+ramo		g = grão		- = efeito negativo																											
f = folha		t = total		v = efeito variável																											
				= = efeito igual																											

Tabela 16. Efeito de doses de cádmio na absorção (concentrações e quantidades acumuladas) de micronutrientes no feijoeiro

Nutriente	Níveis de cádmio (ppm)	Floração												Grãos															
		Ensaio 1				Ensaio 3				Ensaio 2				Ensaio 1				Ensaio 3				Ensaio 2							
		r	c+r	f	t	r	c+r	f	t	r	c+r	f	t	r	c+r	f	t	r	c+r	f	c	g	t	r	c+r	f	c	g	t
Cu	<0,0050 ppm	+	-	+		v	v	-		+	+	-		-	-	-		-	v	+	-	+		-	=	+	+	-	
	μg	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	v	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+
	ppm	+	=	=						v	+	v		+	-	=		-						-	+	v	+	+	
	>0,0050 μg	+	-	-	+				-	v	+	+	+	-	-	-	-							-	+	v	+	+	v
Fe	<0,0050 ppm	+	+	+		+	+	-		+	-	-		+	+	-		+	-	+	+	+		+	-	+	-	-	
	μg	+	-	-	+	v	+	v	v	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	v	+		+	-	+	-	+	+
	ppm	+	-	-						v	-	v		+	=	-								+	v	+	-	-	
	>0,0050 μg	-	-	-	-				-	-	v	v	v	-	-	-	-							+	v	+	-	+	+
Mn	<0,0050 ppm	+	+	+		-	+	+		+	-	+		+	=	-		-	=	v	+	+		+	-	+	+	-	
	μg	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	v	v	+	+	v	+	-	+	-	+	+
	ppm	+	+	+						+	-	+		+	+	-								+	v	+	-	-	
	>0,0050 μg	-	-	-	-				-	+	-	+	+	+	-	-	+							+	-	v	-	-	v
Zn	<0,0050 ppm	+	-	+		v	-	-		+	+	+		+	+	-		+	-	-	+	v		-	+	+	+	-	
	μg	-	-	-	-	v	-	v	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	v	-	v	-	v	+	-	+	-	+	-
	ppm	-	+	+						v	v	v		+	+									-	-	+	v	-	
	>0,0050 μg	-	-	-	-				-	v	+	v	v	-	-	-	-							-	-	-	-	+	-

Obs.: r = raiz
 c+r = caule + ramo
 f = folha
 c = casca
 g = grão
 t = total

+ = efeito positivo
 - = efeito negativo
 v = efeito variável
 = = efeito igual

de Tukey a 5%, que a adição de cádmio na solução nutritiva, ocasionou mudanças significativas nos teores e conteúdos de cádmio contidos nas partes amostradas da planta.

Conforme os Apêndices 103 a 106, verificou-se que o cádmio aumentou significativamente os teores e conteúdos totais do mesmo elemento em questão, nas partes amostradas durante o ciclo da planta. Por outro lado, conforme as Tabelas 17 a 20, observou-se que o cádmio ficou, armazenado, principalmente, nas raízes representando ao redor de 70% do cádmio total acumulado na planta. De um modo geral, a distribuição porcentual de cádmio nas partes amostradas da planta apresentaram a seguinte ordem: raiz > colmo > folha > panícula. Destaca-se que a absorção de cádmio pelas raízes, aconteceu principalmente por ocasião do máximo perfilhamento, caindo, depois, no período de formação da panícula. Conforme os Apêndices 107 a 110 as quantidades totais acumuladas de cádmio pelas partes separadas da planta, apresentaram, de um modo geral, a seguinte ordem: raiz > colmo > folha > panícula.

Examinando-se os teores médios de cádmio absorvidos pela raiz, em função dos níveis do elemento na solução nutritiva, verificou-se para a variação de 0,05 a 0,50 ppm de cádmio uma maior velocidade de sua absorção, quando comparada com níveis de cádmio acima de 0,50 ppm.

As correlações entre teores e conteúdos de

Tabela 17. Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Parte aérea	Total
----- % -----			
0,00	29	71	100
0,05	68	32	100
0,50	80	20	100
5,00	79	21	100

Tabela 18. Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião da floração, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
----- % -----					
0,00	42	17	75	16	100
0,05	44	6	40	10	100
0,50	65	4	26	5	100
5,00	44	18	28	10	100

Tabela 19. Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Total
----- % -----				
0,00	70	21	9	100
0,05	68	19	13	100
0,50	81	12	7	100
5,00	85	11	4	100

Tabela 20. Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
----- % -----					
0,00	0	12	88	0	100
0,05	54	31	11	4	100
0,50	75	19	4	2	100

cádmio nas partes amostradas da planta e níveis do mesmo elemento na solução nutritiva, encontram-se nas Tabelas 21 e 22, respectivamente, sendo construídas mediante análises de regressão polinomial traduzidas por equações de 1º e 2º graus.

Examinando-se as equações de regressão obtidas, verificou-se que o cádmio aumentou linearmente os teores do elemento nas partes amostradas da planta, com exceção para a raiz (ensaio 1), que registrou aumentos de forma quadrática. Por outro lado, com respeito aos conteúdos de cádmio, observou-se aumentos lineares do metal nos órgãos da planta, com exceção da folha (ensaio 2), que mostrou aumentos de forma quadrática, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.

4.3.2.2. Feijão

Encontram-se nos Apêndices 111 a 116 as médias referentes aos teores de cádmio contidos na matéria seca das partes amostradas da planta por ocasião da floração e formação de grãos e nos Apêndices 117 a 122, os dados referentes as médias dos conteúdos do elemento em questão, nos mesmos órgãos da planta, referidos para os mesmos períodos fisiológicos, onde através da utilização do teste de Tukey a 5%, verificou-se mudanças significativas nos teores e conteúdos de cádmio nas raízes, em função dos níveis do metal em questão, na solução nutritiva.

Tabela 21. Equações de regressão entre teores totais de cádmio (y) em ppm, em arroz e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão	r	F
1	Perfilhamento	raiz	$y = 75,864 + 62,349x$	0,89	*
		p.aérea	$y = 19,459 + 12,551x$	0,91	*
	Panícula	raiz	$y = 4,940 + 195,609x - 35,269x^2$	0,99	*
		colmo	$y = 1,899 + 13,541x$	0,99	*
		folha	$y = 13,692 + 14,816x$	0,94	*
		panícula	$y = 1,639 + 4,088x$	0,99	*
	Perfilhamento	raiz	$y = 171,151 + 175,667x$	0,89	*
		colmo	$y = 30,555 + 22,482x$	0,86	*
		folha	$y = 10,106 + 4,337x$	0,74	*
2	Panícula	raiz	$y = 1,087 + 335,934x$	0,99	*
		colmo	$y = 1,341 + 45,593x$	0,99	*
		folha	$y = 2,296 + 17,472x$	0,99	*
		panícula	$y = 0,593 + 24,945x$	0,99	*

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

Tabela 22. Equações de regressão entre conteúdos totais de cádmio (y) em µg, em arroz e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão	r	F
1	Perfilhamento	raiz	$y = 287,555 + 205,635x$	0,87	*
		p. aérea	$y = 91,664 + 52,494x$	0,89	*
		total	$y = 379,219 + 258,130 x$	0,88	*
	Panícula	raiz	$y = 68,230 + 2813,856x$	0,99	*
		colmo	$y = 118,305 + 370,185x$	0,99	*
		folha	$y = 209,903 + 164,799x$	0,82	*
		panícula	$y = 20,778 + 32,366x$	0,89	*
		total	$y = 943,156 + 676,869x$	0,87	*
	Perfilhamento	raiz	$y = 208,816 + 131,173x$	0,84	*
		colmo	$y = 39,424 + 14,968x$	0,77	*
		folha	$y = 12,824 + 73,650x - 13,765x^2$	0,88	*
		total	$y = 272,193 + 149,049x$	0,82	*
2	Panícula	raiz	$y = 21,461 + 8303x$	0,99	*
		colmo	$y = 81,980 + 1941,923x$	0,99	*
		folha	$y = 59,491 + 353,681x$	0,99	*
		panícula	$y = 11,497 + 224,560x$	0,98	*
		total	$y = 174,431 + 10824,011x$	0,99	*
	Perfilhamento	raiz			

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

Analisando-se as médias (Apêndice 113 a 116 e 119 a 122), verificou-se que o cádmio aumentou significativamente os teores e conteúdos do elemento em questão, nas raízes durante o ciclo da planta, sendo variável seu efeito nas partes amostradas da parte aérea da planta, devido à escassa absorção do metal em questão. Assim, conforme as Tabelas 25 a 28, verifica-se que o cádmio ficou acumulado principalmente nas raízes, representando ao redor de 80% do cádmio total acumulado na planta. Resultados similares foram observados nos Apêndices 111, 112, 117 e 118, embora não fossem submetidos a análise estatística, sendo por sua vez, confirmados nas Tabelas 23 e 24.

As correlações entre teores e quantidades totais acumuladas de cádmio nas raízes e níveis do mesmo elemento em questão na solução nutritiva encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 29 e 30, construídas mediante análises de regressão de 1º grau.

Examinando-se as equações de regressão obtidas, verificou-se que os teores e conteúdos totais de cádmio nas raízes, aumentaram linearmente, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva, com elevados coeficientes de correlação.

Tabela 23 - Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
	----- % -----			
0,000	50	0	50	100
0,005	66	11	23	100
0,050	81	-	11	100
0,500	-	-	100	100

Tabela 24 - Ensaio 1. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
	----- % -----			
0,000	16	24	60	100
0,005	70	8	22	100
0,050	81	-	19	100

Tabela 25 - Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
	----- % -----			
0,000	0	0	0	0
0,005	100	0	0	100
0,050	55	0	45	100
0,500	92	4	4	100

Tabela 26 - Ensaio 2. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
	----- % -----					
0,000	15	0	0	67	18	100
0,005	74	0	0	26	0	100
0,050	88	0	0	12	0	100
0,500	82	2	12	2	2	100

Tabela 27 - Ensaio 3. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
	----- % -----			
0,0000	100	0	0	100
0,0025	70	8	22	100
0,050	65	10	25	100

Tabela 28 - Ensaio 3. Distribuição porcentual de cádmio em feijoeiro, por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
	----- % -----					
0,0000	13	0	87	0	0	100
0,0025	75	8	4	6	7	100
0,0050	80	15	0	0	6	100

Tabela 29 - Equações de regressão entre teores totais de cádmio (y) em ppm, em feijoeiro e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão	r	F
2	Floração	raiz	$y = 0,675 + 141,808x$	0,99	*
	Grão	raiz	$y = 0,873 + 90,100x$	0,99	*
3	Floração	raiz	$y = 6,000 + 7.200x$	0,95	*
	Grão	raiz	$y = 4,750 + 8.700x$	0,96	*

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

Tabela 30 - Equações de regressão entre conteúdos totais de cádmio (y) em µg, em feijoeiro e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão	r	F
2	Floração	raiz	$y = 0,533 + 452,010x$	0,99	*
	Grão	raiz	$y = 7,288 + 789,812x$	0,99	*
3	Floração	raiz	$y = 38,166 + 20.600x$	0,75	*
	Grão	raiz	$y = 30,083 + 55.700x$	0,96	*

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

5. DISCUSSÃO

5.1. Crescimento

Os resultados obtidos com respeito aos efeitos do cádmio sobre o crescimento de arroz e feijão nos ensaios foram evidentes.

Para o caso do arroz, possíveis causas como épocas diferentes na condução dos ensaios e números variáveis de plantas por recipiente, explicariam as diferenças observadas entre ensaios em relação ao crescimento em questão. Estes resultados concordam com os encontrados na literatura, muito embora o nível de cádmio na solução nutritiva que causa 50% de redução no crescimento do arroz varia com os autores que realizaram trabalhos com outras gramíneas. Assim, FUJIMOTO & UCHIDA (1979) também com arroz, observaram que concentrações até 0,25 ppm de cádmio na solução, não afetaram o crescimento da planta. Na presença de 1,25 ppm houve ligeira diminuição na altura de colmos e no número de panículas, enquanto concentrações de 6,25 ppm de cádmio provocaram reduções de 50%

no crescimento da planta. Por sua vez, GIRLING & PETERSON (1981) em plantas de milho, com o emprego de 0,5 ppm de cádmio na solução, não observaram mudanças significativas no crescimento da parte aérea e das raízes em relação às plantas-controle. Por outro lado, PAGE *et alii* (1972) na cevada encontraram com o emprego de 1 ppm na solução, reduções de 50% no crescimento da planta.

No caso do feijoeiro ocorre o mesmo. PAGE *et alii* (1972) observaram que na presença de 0,2 ppm de cádmio na solução nutritiva, houve redução de 50% no crescimento.

As diferenças entre arroz e feijoeiro encontradas, podem ser explicadas pelo fato de serem espécies diferentes, já que, segundo KUBOI *et alii* (1986), mesmo espécies dentro de uma mesma família botânica, mostram tolerâncias variáveis às concentrações de cádmio no meio de crescimento. Estes autores classificaram a seguinte sequência de tolerância: (1) baixa tolerância Leguminosae; (2) moderada tolerância Graminaeae, Liliaceae, Cucurbitaceae e Umbelliferae; e (3) elevada tolerância, Chenopodiaceae, Cruciferae, Solana-ceae e Compositae.

Quanto ao fato do cádmio não causar efeitos significativos no crescimento do feijoeiro (ensaio 2), a época de sua aplicação (24 dias após semeadura), possivelmente explique, pois neste ensaio foi absorvido uma menor quantidade deste elemento, como foi visto no item 4.3.2.2. (Apêndices 117 a 122).

Um possível mecanismo, que foi apresentado por FOI *et alii* (1978) para o alumínio poderia explicar os baixos teores de cádmio encontrados na raiz e conseqüentemente na parte aérea da planta. Este mecanismo estaria relacionado com a exudação de ácidos orgânicos que complexariam o cádmio na rizosfera, reduzindo sua entrada na planta. THAWORNWONG & VAN DIEST (1974), constataram com o emprego de 0,5 a 2 ppm de alumínio na solução nutritiva, efeitos nocivos em plântulas de arroz, porém, 2 ppm de alumínio quelatizado não foi tóxico nesta fase. Passado o estágio de plântula, as plantas de arroz conseguiram tolerar níveis até 2 ppm de alumínio. Vários autores citados por FOY *et alii* (1978) encontraram que os exudados radiculares de plantas jovens de chá, contêm apreciáveis quantidades de ácido málico o qual reduziria pelo mesmo mecanismo, a toxicidade direta de alumínio e de ferro em espécies mais sensíveis.

O efeito do cádmio na redução do crescimento nas plantas tem sido discutida por diversos pesquisadores.

A interferência na função estomática constituiu-se numa primeira ação do cádmio, prejudicando sensivelmente os processos da fotossíntese, transpiração e respiração (BAZZAZ *et alii*, 1974) e conseqüentemente no crescimento. LA-MOREAUX & CHANEY (1978) sugerem que o cádmio diminui a absorção de CO_2 , pois aumenta a resistência do mesófilo e do estômato, com conseqüente diminuição na fotossíntese líquida. Conforme vários autores citados por POSCHENRIEDER *et alii* (1983),

o cádmio inibe o fotossistema II da fotossíntese, provavelmente na fotólise da água a nível de manganoproteína. Outras observações feitas por HUANG *et alii* (1974) constataram, em plantas de soja, que o cádmio atua já na síntese de clorofila. Por sua vez, BASZYNSKI *et alii* (1980) em tomateiro, observaram que o cádmio inibiu a cadeia do transporte eletrônico. BARCELÓ *et alii* (1988) em feijoeiro, observaram que o cádmio ocasionou severas alterações estruturais nos cloroplastos.

Também o cádmio interfere em algumas enzimas. LEE *et alii* (1976), na soja, observaram que o cádmio aumentou a atividade de enzimas hidrolíticas e observaram ainda diminuição na atividade da anidrase carbônica. O aumento na atividade das enzimas hidrolíticas, bioquimicamente acelera processos catabólicos na planta, gerando substratos ou compostos envolvidos nos processos de retardamento do crescimento e de senescência. CABOT (1985) observou que o cádmio aumentou a síntese de ácido abscísico nas raízes e caules do feijoeiro. De outro lado, havendo diminuição na atividade da anidrase carbônica, há acúmulo de ácido carbônico nas células guardas que provocam a não abertura do estômato, não havendo difusão de gases. Isso acontecendo, há menor acúmulo de matéria orgânica produzida, consequentemente menor será o crescimento.

De um modo geral, verificou-se também que baixas concentrações de cádmio na solução, tiveram um possível

efeito estimulante sobre o crescimento das plantas. KIRKHAM (1978), trabalhando com crisântemos, observou que baixas concentrações de cádmio na solução, aumentaram a pressão da turgescência e abertura estomática das plantas com relação às plantas-controle. O autor sugere que o cádmio a nível da raiz estaria afetando a produção de citocininas ou sínteses de outros compostos, envolvidos nas diferenças de potenciais, resistência e taxas de transpiração. Por outro lado, resultados similares obtidos por KHAN & KHAN (1983) em tomateiro, e berinjela, atribuem o efeito estimulante no crescimento a um maior conteúdo de potássio, cálcio e magnésio. Segundo MARSCHNER (1983) há uma correlação direta entre o fornecimento de $N-NO_3$ e de Ca e a síntese de citocininas o que se traduz em uma maior abertura estomática permitindo uma maior difusão de gases.

5.2. Sintomas

Diversos estudos têm sido conduzidos visando relacionar as possíveis causas e efeitos do cádmio na fisiologia da planta.

Com respeito as raízes, tanto no arroz como no feijoeiro, observou-se de um modo geral, a partir de determinado nível do cádmio na solução, inibição do crescimento das raízes laterais, observação também feita por MALONE *et alii* (1978) em plantas de milho e de soja. Em concentrações mais elevadas de cádmio, cessou totalmente o crescimento meristemático apical. Os mesmos autores, ao realizarem estudos ao nível estrutural das raízes expostas a baixas concentrações de cádmio, não encontraram mudanças aparentes do citoplasma, DNA e do núcleo quando comparadas com as raízes-controle, o que

dificultou definir em que local da célula o cádmio teve seu efeito. Por outro lado, BARCELÓ *et alii* (1988), encontraram a nível ultraestrutural em diferentes órgãos de feijoeiro, que o cádmio afetou mais intensamente as estruturas da parte aérea que da raiz, o que pode ser explicado pela alta capacidade das raízes de armazenar cádmio em uma forma mais inativa e à mobilidade relativamente elevada do cádmio dentro das plantas.

No feijoeiro, observou-se com o emprego de elevadas concentrações de cádmio na solução, que os caules e pecíolos tornaram-se quebradiços. Isto faz supor uma ação negativa do cádmio sobre as relações hídricas nos tecidos vasculares das plantas devido possivelmente a uma obstrução do xilema. Assim, LAMOREAUX & CHANEY (1977) observaram em seções de caules extirpados de plântulas de *Acer saccharinum* L., que a presença de cádmio reduziu significativamente o fluxo ascendente de água, assim como a altura das plântulas. Os autores sugerem que o cádmio provocou uma redução no tamanho dos vasos e traqueídes pela ativação ou inibição de enzimas envolvidas no crescimento de tecidos, e pela obstrução parcial dos elementos do xilema por fragmentos celulares ou de resinas. Por sua vez, CABOT (1985) observou aumento nos níveis endógenos do ácido abscísico em raízes e caules do feijoeiro induzidos pelo cádmio.

Com respeito à presença das pontuações castanho-avermelhadas encontradas nos tecidos aéreos em arroz e

feijoeiro, RAUSER (1977) apresenta duas teorias sobre a procedência destas colorações: uma possível mobilização de fe-nóis provenientes das raízes ou produzidos no mesmo parênqui-ma foliar. CABOT (1985) observou no feijoeiro que estas pon-tuações estão presentes em todas as folhas e com a aplicação de uma gota de solução nutritiva contendo cádmio, produziu a aparição destas colorações. Isto sugere que a segunda teoria de Rauser seja a mais correta. CABOT (1985) observou, que as pontuações evoluem com o tempo para áreas necróticas causando a queda das folhas, em plantas expostas a altas concentrações de cádmio.

O aparecimento da clorose em folhas mais novas, observadas no arroz e no feijoeiro, mantém concordância com as observações feitas por HUANG *et alii* (1974), que constata-ram que o cádmio atuou primeiramente diminuindo a síntese de clorofila em folhas novas de soja. Por outro lado, BARCELÓ *et alii* (1988) verificaram que o cádmio deprimiu significativa-mente as quantidades de clorofila a e b em folhas primárias e trifoliadas do feijoeiro além de provocar danos na estrutu-ra dos cloroplastos.

O murchamento e necrosamento das folhas foram observadas quando as plantas foram submetidas a concentrações elevadas de cádmio na solução nutritiva. Conforme WEINSTEIN *et alii* (1986) em discos de folhas de aveia e feijoeiro, os autores observaram com o emprego de 0,1 e 0,25 mM de cádmio

na solução, aumentos nos conteúdos de putrescina e da atividade da decarboxilase da arginina.

5.3. Teores dos nutrientes e de cádmio em arroz e feijão

5.3.1. Teores dos nutrientes em arroz e feijão

Dos resultados obtidos para arroz e feijoeiro, observou-se que o cádmio exerceu efeitos muito variáveis na concentração e distribuição dos nutrientes estudados, entre os diferentes ensaios conduzidos, em cada uma das espécies analisadas. As diferenças observadas podem ser atribuídas aos seguintes fatores: condições variáveis de clima durante a condução dos ensaios, colheita de material vegetal com plantas de idade fisiológica diferentes, variações fisiológicas nas plantas no momento da aplicação de cádmio na solução nutritiva, número variável de plantas por recipiente (para o caso do arroz).

Segundo BARCELÕ *et alii* (1985) os resultados sobre as experiências da influência do cádmio nos teores dos elementos essenciais, em diversas espécies de plantas, muitas vezes é até contraditória, devido à influência de fatores tais como: tipos de variedades utilizadas, condução dos experimentos, idade das plantas na hora das análises e tipo de reagentes empregados. Por sua vez, vários autores citados por ADRIANO (1986) sugerem que a distribuição dos elementos em vários tecidos vegetais é uma característica do transporte pelo xilema e que a concentração final de um elemento em um

tecido específico, está relacionada com o fluxo da transpiração hídrica perdida através da evapotranspiração e à duração deste processo em um determinado tecido.

Escassos são os trabalhos reportados na literatura que relacionam a influência do cádmio na concentração de elementos essenciais para as plantas. Contudo, os resultados obtidos neste trabalho concordam, com raras exceções, com os encontrados por alguns autores trabalhando com outras espécies vegetais. WALKER *et alii* (1977) em plantas de milho observaram que o cádmio reduziu os conteúdos de fósforo, potássio, cálcio e magnésio. HONMA & HIRATA (1978), por sua vez, observaram que plantas de arroz deficientes em zinco, absorveram e transportaram cádmio mais rapidamente que plantas de arroz normais. O mecanismo envolvido neste fenômeno é ainda indefinido. WALKER *et alii* (1979) utilizando variedades tolerantes e suscetíveis de soja ao cádmio, verificaram que o cádmio aumentou de maneira não significativa os conteúdos de fósforo, enquanto, deprimiu de forma significativa, os conteúdos dos demais nutrientes essenciais nas diferentes variedades estudadas. VIGUE *et alii* (1981), em feijoeiro, observaram que o cádmio causou redução significativa no conteúdo total de nitrogênio. Por outro lado, HUANG *et alii* (1974) em plantas de soja, observaram que o cádmio diminuiu a fotossíntese, peso dos nódulos e fixação de N_2 . KHAN & KHAN (1983) trabalhando com tomateiro e berinjela, observaram, com o emprego de baixas concentrações de cádmio no solo, aumentos nos conteúdos totais de potássio,

cálcio, magnésio, cobre e ferro nas plantas em relação à testemunha. Por outro lado, no tomateiro, elevadas concentrações de cádmio, reduziram os conteúdos de potássio, cálcio e magnésio e aumentaram o conteúdo de cobre, ferro e manganês, enquanto na berinjela, observou-se redução geral nos conteúdos dos nutrientes respectivos. HARDIMAN & JACOBY (1984) constataram que a absorção de cádmio pelas raízes do feijoeiro, foi reduzida na presença de outros cátions na solução, na seguinte ordem: cálcio > mangésio > potássio > sódio.

Com respeito à redução nos conteúdos de nitrogênio na planta, o cádmio exerce ação negativa na atividade de enzimas tais como a nitrogenase (HUANG *et alii*, 1974), reductase do nitrato (PETIT *et alii*, 1978), promove o catabolismo de aminoácidos, proteínas e de outros compostos nitrogenados (HUANG *et alii*, 1974) além de que interfere com a síntese de DNA em microrganismos e com a simbiose entre os microrganismos e as plantas (KABATA & PENDIAS, 1985).

Em relação à influência do cádmio nos aumentos dos teores de fósforo, principalmente nas raízes, teorias já expostas para o alumínio, explicariam de forma semelhante, a formação de precipitados de fosfatos de cádmio no espaço livre aparente, seguida de uma redução na absorção de fósforo. Adicionalmente, o cádmio ao atuar sobre o cálcio a nível de membrana plasmática, inibiria ATPases e outras fosfatases da membrana, impedindo a utilização de energia metabólica pelas células assim como alterando funções da membrana, relacionadas com a

permeabilidade e seletividade no transporte iônico (CABOT,1985).

Quanto à redução na absorção de cátions pelo cádmio, vários autores sugerem a existência de uma inibição do tipo competitivo durante o processo da absorção radicular, onde os íons de cádmio competem pelo mesmo sítio do carregador, quando estão presentes outros cátions no meio de crescimento. Este tipo de inibição tem sido observada para cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco (WALKER *et alii*, 1977 ; KHAN & KHAN, 1983).

5.3.2. Cádmio

5.3.2.1. Arroz

Os resultados encontrados nos ensaios com arroz, concordam com os obtidos por FUJIMOTO & UCHIDA (1979), onde os autores encontraram também em arroz, que as concentrações de cádmio nas partes da planta, aumentaram em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva apresentando a seguinte ordem: raiz > colmo > folha > panícula, onde as raízes acumularam maiores porcentagens de cádmio em relação aos órgãos da parte aérea da planta.

Quanto à redução nos teores de cádmio nas partes amostradas, com o desenvolvimento da planta, ROOT *et alii* (1975) em plantas de milho observaram que a taxa de absorção de cádmio nas raízes foi bem maior durante os 3 primeiros dias após diminuindo com o tempo. Os autores sugerem que a absorção inicial foi rápida, possivelmente até que a concentração de

cádmio no tecido atingiu um nível considerado tóxico para o processo metabólico envolvido com a absorção e/ou translocação do cádmio. Por sua vez, FUJIMOTO & UCHIDA (1979) utilizando plântulas de arroz, obtiveram resultados similares em relação às fases de absorção de cádmio.

Para FUJIMOTO & UCHIDA (1979) e HONMA & HIRATA (1984) as variações de 0,05 a 0,25 e 0,001 a 0,1 ppm de cádmio na solução nutritiva, respectivamente, determinaram uma maior velocidade de absorção de cádmio pelas raízes intactas de plântulas de arroz o que concorda parcialmente com as variações de cádmio na solução, aqui obtidas.

5.3.2.2. Feijão

Em relação à concentração e distribuição de cádmio encontrada nas partes amostradas do feijoeiro, estes resultados estão em concordância com os trabalhos feitos por PATEL *et alii* (1980) e WALLACE *et alii* (1980) em feijoeiro onde constatarem que o cádmio foi acumulado em maior porcentagem nas raízes, enquanto pouco cádmio foi transportado à parte aérea da planta, onde por sua vez, foi dificilmente detectado pelos métodos de análises utilizados. Por sua vez, BARCELÓ *et alii* (1985) verificaram que as concentrações de cádmio, nas distintas partes do feijoeiro, apresentaram a seguinte ordem: raiz > caule > folhas primárias > folhas trifoliadas. Contudo os mesmos autores, observaram um limitado transporte do cádmio da raiz para a parte aérea da planta.

Vários pesquisadores encontraram que a maioria do cádmio absorvido pelas plantas ficou retido nas raízes. Possíveis mecanismos como a formação de cristais de oxalato de cádmio insolúveis nos espaços intercelulares das raízes (HARDIMAN *et alii*, 1984), cádmio ligado às paredes celulares (CUTLER & RAINS, 1974) ou a macromoléculas de variado peso molecular (CATALDO *et alii*, 1981), formação de complexos insolúveis com fosfatos (JARVIS *et alii*, 1976; CABOT, 1985), o limitado transporte apoplástico impedido pelas estrias de Caspary e pequena passagem via simplasto (HARDIMAN *et alii*, 1984) e efeitos competitivos com outros cátions (JARVIS *et alii*, 1976) explicam a razão da elevada acumulação do elemento nas raízes, mantendo-o em forma inativa, e por sua vez, restringindo seu transporte à parte aérea da planta. Os mecanismos de absorção de cádmio são ainda indefinidos e de acordo com HARDIMAN & JACOBY (1984) o cádmio atingiria o xilema da mesma forma descrita para o cálcio, isto é, via apoplasto atravessando áreas não suberizadas da endoderma, embora, CUTLER & RAINS (1974) sugere - rem que durante o transporte o cádmio é obrigado em alguns sítios a seguir via simplasto. Conforme CABOT (1985) o cádmio é transportado pelo xilema mais facilmente, na forma de complexos orgânicos, porém, e segundo HARDIMAN & JACOBY (1984), forças de ligação relativamente fortes, presentes nos vasos do xilema, dissociariam o cádmio a partir destas formas complexas, o que explicaria as baixas concentrações do mesmo elemento encontrado, no caso particular, na parte aérea do feijoeiro.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foram desenvolvidas as pesquisas, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

(1) No arroz, baixas concentrações de cádmio na solução nutritiva ($\leq 0,05$ ppm), estimularam o crescimento e conteúdo de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn. No feijoeiro, de um modo geral, com o emprego de níveis abaixo ou iguais a 0,0050 ppm, observou-se redução do crescimento e aumento no conteúdo de P, Cu, Fe e Mn.

(2) No arroz, elevadas concentrações de cádmio na solução nutritiva ($>0,05$ ppm), reduziram o crescimento e os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e Zn, enquanto no feijoeiro, com o emprego de níveis acima de 0,0050 ppm, observou-se redução no crescimento com aumento nos conteúdos de Cu, Fe e Mn.

(3) No arroz, a distribuição de cádmio foi na seguinte ordem: raiz $>$ colmo $>$ folha $>$ panícula, enquanto no feijoeiro foi: raiz $>$ parte aérea (vegetativa e reprodutiva).

(4) Plantas de arroz foram mais tolerantes ao cádmio em solução nutritiva que o feijoeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Springer-Verlag, 1986. 533p.

BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C.H.; CABOT, C. Cadmium, mangan-eisen-, zink-, und magnesium-gehalte von bonenpflanzen (*Phaseolus vulgaris* L.) in abhängig["]keit von dauer un höhe des Cadmium-angebotes. Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und BodenKunde. Berlin, 148:278-88, 1985.

BARCELÓ, J.; VÁZQUEZ, M.D.; POSCHENRIEDER, C.H. Structural and ultrastructural disorders in cadmium-treated bush bean plants. New Phytologist, Oxford, 108:37-49, 1988.

BASZYNSKI, T.; WAJDA, L.; KRÓL, M.; WOLINSKA, D.; KRUPA, Z.; TUKENDORF, A. Photosynthetic activities of cadmium-treated tomato plants. Physiology Plantarum, Kobenhavn, 48:365-70, 1980.

- BAZZAZ, F.A.; ROLFE, G.L.; CARLSON, R.W. Effect of Cd on photosynthesis and transpiration of excised leaves of corn and sunflower. Physiology Plantarum, Kobenhavn, 32: 373-6, 1974.
- CABOT, C.B. Aspectos fisiológicas de la fitotoxicidad por cadmio. Palma de Mallorca, 1985. 28p. (Doctora-Facultad de Ciencias/Universidad de las Islas Baleares).
- CASTERLINE, J.L. & BARNETT, N.M. Cadmium-binding components in soybean plants. Plant Physiology, Packville, 69:1004-7, 1982.
- CATALDO, D.A.; GARLAND, T.R.; WILDUNG, R.F. Cadmium distribution and chemical fate in soybean plants. Plant Physiology, Rockville, 68:835-9, 1981.
- CUTLER, J.M. & RAINS, D.W. Characterization of cadmium uptake by plant tissue. Plant Physiology, Rockville, 54:67-71, 1974.
- DABIN, P.; MARAFANTE, E.; MOUSNY, J.M.; MYTTENAERE, C. Absorption distribution and binding of cadmium and zinc in irrigated rice plants. Plant and Soil, Dordrecht, 50:329-41, 1978.
- DON, K.Y. & CHEN, J.M. Effects of cadmium on crop growth and development in relation to its absorption and accumulation. Journal of Environmental Science, Beijing, 3(4):31-4, 1982. Apud Field Crop Abstracts, Wallingford, 36(12):1127, Dec. 1983. (Resumo).

- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Trad. de E. Malavolta. São Paulo, EDUSP, 1975. 341p.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 29: 511-66, 1978.
- FUJIMOTO, T. & UCHIDA, Y. Cadmium absorption by rice plants. I. Mode de absorption. Soil Science and Plant Nutrition. Tokyo, 25(3): 407-15, 1979.
- GIRLING, C.A. & PETERSON, P.J. The significance of the cadmium species in uptake and metabolism of cadmium in crop plants. Journal of Plant Nutrition, New York, 3(1-4): 707-20, 1981.
- HARDIMAN, R.T. & JACOBY, B. Absorption and translocation of Cd in bush beans (*Phaseolus vulgaris*). Physiology Plantarum, Copenhagen, 61: 670-4, 1984.
- HARDIMAN, R.T.; JACOBY, B.; BANIN, A. Factors affecting the distribution of cadmium, copper and lead and their effect upon yield and zinc content in bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant and Soil, Dordrecht, 81: 17-27, 1984.

- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plant without soil. Circular. California Agricultural Experiment Station, Berkeley n. 347, 1950.
- HONMA, Y. & HIRATA, H. Noticeable increase in cadmium absorption by zinc deficient rice plants. Soil Science and Plant Nutrition, Tokyo, 24(2):295-97, 1978.
- HONMA, Y. & HIRATA, H. Kinetics of cadmium and zinc absorption by rice seedlings roots. Soil Science and Plant Nutrition, Tokyo, 30(4):527-32, 1984.
- HUANG, C.Y.; BAZZAZ, F.A.; VANDERHOEF, L.N. The inhibition of soybean metabolism by cadmium and lead. Plant Physiology, Rockville, 54:122-4, 1974.
- JACOBSON, L. Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylene-diamine tetra acetate. Plant Physiology, Rockville, 26:411-3, 1951.
- JARVIS, S.C.; JONES, L.H.P.; HOPPER, J. Cadmium uptake from solution by plants and its transport from roots to shoots. Plant and Soil, Dordrecht, 44:179-91, 1976.
- JORGENSEN, S.S. Some methods used for routine chemical analysis; laboratory Manual. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1977. 22p.

- KHAN, S. & KHAN, N.N. Influence of lead and cadmium on the growth and nutrient concentration of tomato (*Lycopersicum esculentum*) and egg-plant (*Solanum melongena*). Plant and Soil, Dordrecht, 74:387-94, 1983.
- KABATA, A. & PENDIAS, H.P. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, CRC Press, 1985. 315p.
- KIRKHAM, M.B. Water relations of cadmium-treated plants. Journal of Environment Quality, Madison, 7(3):334-6, 1978.
- KUBOI, T.; NOGUCHI, A.; YAZAKI, J. Family-dependent cadmium accumulation characteristics in higher plants. Plant and Soil, Dordrecht, 92:405-15, 1986.
- LAMOREAUX, R.J. & CHANEY, W.R. Growth and water movement in silver maple seedlings affected by cadmium. Journal of Environmental Quality, Madison, 6(2):201-4, 1977.
- LAMOREAUX, R.J. & CHANEY, W.R. The effect on cadmium on net photosynthesis, transpiration and dark respiration of excised silver maple leaves. Physiology Plantarum, Kobenhavn, 43:231-6, 1978.
- LEE, K.C.; CUNNINGHAM, B.A.; PAULSON, G.M.; LIANG, G.H.; MOORE, P.B. Effects of cadmium on respiration rate and activities of several enzymes in soybean seedlings. Physiology Plantarum Kobenhavn. 36:4-6. 1976.

- MALAVOLTA, E. Práticas de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, ESALQ, 1975 (Mimeografado).
- MALAVOLTA, E. Deficiência de macro e micronutrientes e toxidez de Cl, Mn e Al no sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L.). Piracicaba, CENA, 1979. 12p.
- MALONE, C.P.; MILLER, J.R.; KOEPPE, D.E. Root growth in corn and soybean: effects of cadmium and lead on lateral root initiation. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 56:277-81, 1978.
- MARSCHNER, H. General introduction to the mineral nutrition of plants. In: LÄUCHLI, A. & BIELESKI, R.L., ed. Inorganic plant nutrition. Berlin, Springer-Verlag, 1983. p.5-60. (Encyclopedia of Plant Physiology, 15A).
- MERCADO, B.T. & SOTTO, N.M.P. Germination and seedling growth of IR42 rice (*Oryza sativa* L.) in CdCl₂ solution. Philippine Agriculturist, Laguna, 68(4):585-92, 1985. Apud Field Crop Abstracts, Wallingford, 41(8):642, 1988. (Resumo).
- PAGE, A.L.; BINGHAM, F.T.; NELSON, C. Cadmium absorption and growth of various plant species as influenced by solution cadmium concentration. Journal of Environmental Quality, Madison, 1(3):288-91, 1972.
- PATEL, P.M.; WALLACE, H.; ALEXANDER, G.V. Transfer values to fruits of Li in tomato and Cd in bush bean. Journal of Plant Nutrition, New York, 2(1/2):87-91, 1980.

- PETIT, CH.M.; RINGOET, A.; MYTTENAERE, C. Stimulation of cadmium uptake in relation to the cadmium content of plants. Plant Physiology, Rockville, 62:554-7, 1978.
- POSCHENRIEDER, CH.; CABOT, C.; BARCELÓ, J. Influencia de altas concentraciones de cádmio sobre el crecimiento, desarrollo y contenido de pigmentos fotossintéticos de *Phaseolus vulgaris*. Anales de Edafologia y Agrociologia, Madrid, 42(1/2):315-27, 1983.
- RAUSER, W.E. Early effects of phytotoxic biorders of cadmium, cobalt, nichkel and zinc in white beans. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 56:1744-9, 1977.
- ROOT, R.A.; MILLER, R.J.; KOEPPE, D.E. Uptake of cadmium-its toxicity, and effect on the iron ratio in hydroponically grown corn. Journal of Environmental Quality, Madison, 4(4):473-6, 1975.
- THAWORNWONG, N. & VAN DIEST, A. Influences of high acidity and aluminum on the growth of lowland rice. Plant and Soil, Drodrecht, 41:141-59, 1974.
- WALKER, W.M.; MILLER, J.E.; HOSSET, J.J. Effect of lead and cadmium upon the calcium, magnesium, potassium, and phosphorus concentration in young corn plants. Soil Science, New Brunswick, 124(3):145-51, 1977.

- WALKER, W.H.; BOGGESE, S.F.; HASSETT, J.J. Effect of cultivar and cadmium rate upon the nutrient content of soybean plants. Journal of Plant Nutrition, New York, 1(3):273-82, 1979.
- WALLACE, A.; ROMNEY, E.M.; ALEXANDER, G.V. Zinc-cadmium interactions on the availability of each to bush bean plants grown in solution culture. Journal of Plant Nutrition, New York, 2(1/2):51-4, 1980.
- WEIGEL, H.J. & JAGER, H.J. Subcellular distribution and chemical form of cadmium in bean plants. Plant Physiology, Rockville, 65(3):480-2, 1980.
- WEINSTEIN, L.H.; KAUR, S.R.; RAJAM, M.V.; WETTLAUFER, S.H.; GALSTON, A.W. Cadmium-induced accumulation of putrescine in oat and bean leaves. Plant Physiology, Rockville, 82(3): 641-5, 1986.
- VIGUE, G.T.; PEPPER, I.L.; BEZDICEK, D.F. The effect of cadmium on nodulation and $N_2(C_2H_2)$ - fixation by dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Environmental Quality, Madison, 10(1):87-90, 1981.

A P Ê N D I C E

Apêndice 1. Ensaio 1. Produção de matéria seca de arroz por ocasião de máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio¹

Cd ppm	Raiz	Parte aérea	Total
	- - - - - g/planta - - - - -		
0,00	2,12	2,35ab	4,45a
0,05	1,90	2,50a	4,40a
0,50	1,85	2,23ab	4,08ab
5,00	1,68	2,16b	3,84 b
F	ns	*	*
CV(%)	14,5	6,7	5,5
DMS	-	0,33	0,49

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 2. Ensaio 1. Produção de matéria seca de arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
	- - - - - g/planta - - - - -				
0,00	7,39	19,37	10,28a	6,18	43,22a
0,05	7,15	21,94	11,0a	5,66	45,75a
0,50	6,99	22,02	9,95a	4,98	43,94a
5,00	4,91	13,80	6,46 b	4,50	29,67 b
F	ns	ns	*	ns	*
CV(%)	25,0	20,5	11,5	37,0	13,6
DMS	-	-	2,28	-	11,68

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 3. Ensaio 2. Produção de matéria seca de arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Total
----- g/planta -----				
0,00	1,85a	1,74a	3,05a	6,64a
0,05	2,30a	2,33a	3,56a	8,19a
0,50	1,00 b	0,96 b	1,78 b	3,74 b
5,00	0,82 b	0,77 b	1,22 b	2,81 b
F	*	*	*	*
CV(%)	8,8	13,0	9,5	8,7
DMS	0,54	0,77	0,93	1,89

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 4. Ensaio 2. Produção de matéria seca de arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
----- g/planta -----					
0,00	40,70a	59,45	23,70	13,82	137,17
0,05	31,67ab	53,39	25,80	14,89	125,75
0,50	24,93 b	43,90	21,30	9,76	99,89
F	*	ns	ns	ns	ns
CV(%)	6,9	9,6	6,8	26,6	8,9
DMS	9,37	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias separadas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 5. Ensaio 1. Produção de matéria seca de feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
- - - - - g/planta - - - - -				
0,000	1,16a	2,46a	6,89a	10,51a
0,005	0,95a	1,29 b	4,72a	6,97a
0,050	0,37 b	0,37 b	1,01 b	1,76 b
0,500	0,12 b	0,29 b	0,25 b	0,66 b
F	*	*	*	*
CV(%)	41,3	46,2	52,9	47,3
DMS	0,56	1,09	3,57	4,95

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 6. Ensaio 1. Produção de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
- - - - - g/planta - - - - -				
0,000	2,33	8,58a	7,75	18,66
0,005	2,29	7,72a	7,24	17,23
0,050	1,08	2,30 b	3,43	6,81
F	ns	*	ns	ns
CV(%)	37,2	40,8	55,4	43,9
DMS	-	5,00	-	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 7. Ensaio 2. Produção de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
- - - - - g/planta - - - - -				
0,000	4,17	8,75	14,88	27,80
0,005	4,15	9,30	12,82	26,27
0,050	5,02	10,76	14,75	30,53
0,500	3,41	6,86	19,52	29,79
F	ns	ns	ns	ns
CV(%)	22,7	15,2	11,8	14,1

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 8. Ensaio 2. Produção de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
- - - - - g/planta - - - - -						
0,000	8,96	19,56	33,68	12,00	4,53	78,73
0,005	9,02	18,03	29,58	7,84	6,99	71,46
0,050	8,40	17,68	28,18	10,79	6,70	71,75
0,500	8,77	19,06	30,12	11,34	6,50	75,79
F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	17,8	12,9	13,3	15,1	26,0	8,6

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
ns- Não significativo.

Apêndice 9. Ensaio 3. Produção de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
- - - - - g/planta - - - - -				
0,0000	5,03a	9,38a	21,20a	35,57a
0,0025	4,64a	8,28a	21,92a	34,84a
0,0050	2,97a	7,33a	18,27a	29,08a
0,0500	0,36 b	0,68 b	1,91 b	2,95 b
0,5000	0,11 b	0,26 b	0,50 b	0,87 b
F	*	*	*	*
CV(%)	19,9	12,6	9,7	10,9
DMS	2,10	2,60	5,00	9,03

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 10. Ensaio 3. Produção de matéria seca do feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
- - - - - g/planta - - - - -						
0,0000	6,25	13,99	20,23	11,37 b	21,43	73,31
0,0025	6,48	15,76	23,15	18,45a	19,00	82,84
0,0050	6,42	13,15	20,17	12,72ab	19,90	72,36
F	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV(%)	12,8	24,0	11,2	10,3	27,7	6,8
DMS	-	-	-	6,12	-	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra nas diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 11 Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Parte Aérea	
	%	mg	%	mg
0,00	2,26	96	4,62	217
0,05	2,00	76	4,67	234
0,50	1,85	68	4,80	214
5,00	2,33	78	4,80	207
F	n.s.	-	n.s.	-
CV(%)	18,4	-	39,4	-

OBS.: 1 - Média de 4 repetições

n.s. - não significativo.

Apêndice 12 Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	1,49 b	220	1,57	608	2,02	415	2,58	319
0,05	1,28 b	183	1,37	601	1,85	407	2,55	288
0,50	2,26a	316	1,54	678	2,18	434	2,73	318
5,00	2,19a	215	1,30	359	1,68	217	2,35	211
F	*	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	17,6	-	19,1	-	21,9	-	10,9	-
DMS	0,67	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: 1 Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 13. Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	2,29	42	2,99	52	4,98	162
0,05	2,06	47	2,96	69	4,55	162
0,50	2,46	25	2,88	28	4,42	79
5,00	2,38	20	3,05	23	4,04	49
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	17,9	-	5,9	-	15,8	-

Obs.: 1 Média de 2 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 14. Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em arroz por ocasião da formação de panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	1,05 b	427	1,71	1017	1,60	371	1,85	256
0,05	1,28 b	405	2,04	1089	2,20	568	2,04	304
0,50	2,29a	571	2,13	935	2,33	496	1,79	175
F	*	-	ns	-	ns	-	ns	-
CF(%)	12,2	-	22,3	-	16,5	-	22,4	-
DMS	0,78	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: 1 Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 15 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de fósforo em arroz por ocasião do máximo perfilhamento em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	%	mg	%	mg
0,00	0,23a	5	0,69a	31
0,05	0,17ab	3	0,68a	30
0,50	0,14 b	3	0,60 b	24
5,00	0,13 b	2	0,55 b	21
F	*	-	*	-
CV (%)	23,3	-	4,9	-
DMS	0,08	-	0,07	-

Obs.: 1 Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 16 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de fósforo em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,12	9	0,18	35	0,17ab	17	0,19ab	12
0,05	0,09	6	0,14	31	0,15 b	17	0,19ab	11
0,50	0,10	7	0,16	35	0,15 b	15	0,17 b	8
5,00	0,10	5	0,18	25	0,25a	16	0,20a	9
F	ns	-	ns	-	*	-	*	-
CV (%)	32,9	-	19,9	-	24,7	-	6,6	-
DMS	-	-	-	-	0,09	-	0,025	-

Obs.: 1 Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 17. Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de fósforo em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio em solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,44 bc	8	0,80 b	14	0,68 b	21
0,05	0,41 c	9	0,73 b	17	0,63 b	22
0,50	0,51ab	5	0,92a	9	0,96a	17
5,00	0,54a	4	0,96a	7	1,06a	3
F	*	-	*	-	*	-
CV(%)	4,5	-	2,5	-	3,0	-
DMS	0,08	-	0,08	-	0,10	-

Obs.: 1 Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 18 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de fósforo em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,16	65	0,45	268	0,25ab	58	0,36	50
0,05	0,19	60	0,47	251	0,22 b	57	0,35	52
0,50	0,25	62	0,57	250	0,31a	66	0,40	39
F	ns	-	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	14,7	-	13,3	-	6,7	-	6,6	-
DMS	-	-	-	-	0,07	-	-	-

Obs.: 1 Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 19 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de potássio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	%	mg	%	mg
0,00	1,64a	34	2,78a	65
0,05	1,27ab	24	2,80a	70
0,50	0,77 b	14	2,31 b	52
5,00	0,83ab	14	2,33 b	50
F	*	-	*	-
CV(%)	35,7	-	6,7	-
DMS	0,84	-	0,36	-

Obs.: 1 Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 20. Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de potássio em arroz, por ocasião da formação de panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,28	21	1,04	201	0,77	79	0,39	24
0,05	0,23	16	0,99	217	0,95	105	0,42	24
0,50	0,23	16	0,95	209	1,00	99	0,47	23
5,00	0,45	22	1,22	168	1,05	68	0,48	22
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	25,0	-	20,5	-	11,5	-	37,0	-

Obs.: 1 Média de 4 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 21. Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de potássio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	4,50a	83	7,25a	126	4,20	128
0,05	4,65a	107	6,85ab	160	4,20	150
0,50	4,15ab	42	6,45 b	62	4,55	81
5,00	3,15 b	26	5,55 c	43	4,80	59
F	*	-	*	-	ns	-
CV(%)	6,1	-	1,8	-	5,1	-
CMS	1,02	-	0,49	-	-	-

Obs.: 1 Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 22. Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de potássio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹.

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	1,05	427	2,85	1694	2,40 b	559	1,15ab	159
0,05	0,85	269	2,00	1068	2,65ab	684	1,05 b	156
0,50	1,40	349	3,95	1734	3,10a	660	1,50a	146
F	ns	-	ns	-	*	-	*	-
CV(%)	13,8	-	32,4	-	4,5	-	8,1	-
DMS	-	-	-	-	0,51	-	0,41	-

Obs.: 1 Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Média seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 23. Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cálcio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	%	mg	%	mg
0,00	0,14	3	0,22ab	5
0,05	0,11	2	0,31a	8
0,50	0,08	1	0,34a	8
5,00	0,11	4	0,16 b	1
F	ns	-	*	-
CV(%)	44,8	-	25,0	-
DMS	-	-	0,13	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 24. Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cálcio em arroz na ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,29	21	0,13	26	0, 0	72	0,12	7
0,05	0,21	15	0,12	26	0,65	72	0,13	7
0,50	0,16	11	0,13	29	0,60	60	0,13	6
5,00	0,16	8	0,15	21	0,60	39	0,14	6
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	34,8	-	26,6	-	16,6	-	24,6	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 25 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cálcio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função de níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,12	2	0,15	3	0,06 b	2
0,05	0,12	3	0,16	4	0,08 b	3
0,50	0,12	1	0,14	1	0,09 b	2
5,00	0,11	1	0,14	1	0,22a	2
F	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	5,2	-	5,3	-	14,5	-
DMS	-	-	-	-	0,06	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo

Apêndice 26 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cálcio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,14	57	0,19	113	0,54	125	0,09 b	12
0,05	0,12	38	0,19	101	0,46	119	0,10 b	15
0,50	0,11	27	0,18	79	0,38	81	0,20a	20
F	ns	-	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	14,9	-	3,0	-	28,0	-	4,3	-
DMS	-	-	-	-	-	-	0,02	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 27 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de magnésio em arroz por ocasião de máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	%	mg	%	mg
0,00	0,09a	2,0	0,03a	1,0
0,05	0,08a	2,0	0,01 b	0,5
0,50	0,11a	2,0	0,01 b	0,2
5,00	0,01 b	0,1	0,01 b	0,2
F	*	-	*	-
CV (%)	34,4	-	44,5	-
DMS	0,05	-	0,01	-

Obs.; ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 28. Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de magnésio em arroz por ocasião da formação de panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,06	4	0,09	17	0,20	21	0,07ab	4
0,05	0,06	4	0,09	20	0,20	22	0,06ab	3
0,50	0,06	4	0,10	22	0,21	21	0,05 b	2
5,00	0,06	3	0,09	12	0,20	13	0,08a	4
F	ns	-	ns	-	ns	-	*	-
CV (%)	8,6	-	12,7	-	5,9	-	15,2	-
DMS	-	-	-	-	-	-	0,02	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 29 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de magnésio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,19	4	0,18a	3	0,22 b	7
0,05	0,17	4	1,19a	4	0,33a	12
0,50	0,16	2	0,15ab	1	0,14 c	2
5,00	0,18	1	0,12 b	1	0,13 c	2
F	ns	-	*	-	*	-
CV(%)	14,6	-	9,2	-	8,8	-
DMS	-	-	0,06	-	0,07	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 2%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 30 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de magnésio em arroz por ocasião da formação de panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,00	0,05	20	0,16	95	0,33	77	0,10	14
0,05	0,05	16	0,17	91	0,30	77	0,07	10
0,50	0,05	12	0,16	70	0,23	49	0,12	12
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	7,9	-	11,3	-	28,9	-	41,5	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 31 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cobre em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	ppm	µg	ppm	µg
0,00	21,40	45	7,60	18
0,05	22,90	43	8,80	22
0,50	15,00	28	7,40	17
5,00	16,00	27	6,40	14
F	ns	-	ns	-
CV(%)	26,0	-	21,7	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 32 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cobre em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	2,00 b	15	2,40	46	1,50	15	1,30	8
0,05	1,50 b	11	1,80	39	1,80	20	1,50	8
0,50	1,80 b	13	1,90	42	1,50	15	1,30	6
5,00	3,80a	19	1,90	26	1,30	8	0,80	4
F	*	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	25,6	-	24,5	-	33,3	-	47,0	-
DMS	1,22	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
* - Significativo ao nível de 5%.
ns - Não significativo.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 33 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cobre em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	25,0	46	11,0	19	14,5	44
0,05	23,5	54	9,5	22	14,5	52
0,50	40,5	41	12,5	12	15,5	28
5,00	40,5	33	12,5	10	15,0	18
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	15,8	-	12,0	-	4,1	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 34 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cobre em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	7,0 b	285	5,5	327	6,5	151	6,5	90
0,05	7,0 b	222	3,5	187	6,5	168	7,5	112
0,50	10,5a	262	4,5	198	5,5	117	7,0	68
F	*	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	4,9	-	47,1	-	21,9	-	14,2	-
DMS	1,70	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
* - Significativo ao nível de 5%.
ns - Não significativo.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 35. Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de ferro em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	ppm	µg	ppm	µg
0,00	414,8 b	871	4148,0 b	9748
0,05	357,9 b	680	3578,8 b	8947
0,50	362,6 b	671	3626,3 b	8087
5,00	769,4a	1292	7693,8a	16619
F	*	-	*	-
CV(%)	19,1	-	19,1	-
DMS	191,1	-	1911,4	-

Obs.: ¹ Médias de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 36 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de ferro em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	158,4 b	1171	53,3	1032	144,0	1480	2,9	18
0,05	137,4 b	982	54,5	1196	143,0	1573	2,6	15
0,50	156,4 b	1093	54,3	1196	152,0	1512	2,8	14
5,00	278,8a	1369	56,4	778	162,8	1052	3,5	16
F	*	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	21,5	-	23,6	-	13,2	-	18,7	-
DMS	82,8	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Médias de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns- Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 37 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de ferro em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	557,5 b	1022	99,5	173	190,0	580
0,05	820,5 b	1887	93,5	218	143,5	511
0,50	734,5 b	775	73,5	71	113,0	201
5,00	1460,5a	1198	77,0	59	121,0	148
F	*	-	ns	-	ns	-
CV(%)	14,8	-	12,3	-	26,5	-
DMS	546,5	-	-	-	-	-

Obs.: Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 38 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de ferro em arroz por ocasião da formação de panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	161	6553	197,5	11741	257 c	5962	52,5 b	726
0,05	191	6049	226,0	12066	384 b	9907	63,0 b	938
0,50	254	6332	162,5	7133	481a	10245	97,0 b	947
F	ns	-	ns	-	*	-	*	-
CV(%)	11,7	-	11,4	-	5,6	-	9,9	-
DMS	-	-	-	-	89,0	-	29,5	-

Obs.: ¹ Médias de 2 repetições.

*- Significativo ao nível de 5%.

ns- Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 39 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de manganês em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	ppm	µg	ppm	µg
0,00	18,60ab	39	133,63ab	314
0,05	18,60ab	35	169,90a	425
0,50	37,30a	69	111,60 b	249
5,00	13,00 b	22	60,00 c	130
F	*	-	*	-
CV(%)	48,3	-	17,9	-
DMS	21,9	-	44,8	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 40 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de manganês em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	9,40	69	9,30	180	38,30	394	16,00 b	99
0,05	8,80	63	8,50	186	38,00	418	18,10 b	102
0,50	9,30	65	10,10	222	38,00	378	18,40 b	92
5,00	12,30	60	8,60	118	40,60	262	25,00a	113
F	ns	-	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	27,40	-	20,8	-	10,7	-	16,0	-
DMS	-	-	-	-	-	-	6,50	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 41 . Ensaio 2. Teores e conteúdos de manganês em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd	Raiz		Colmo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	31,0ab	57	26,0	45	66,5	203
0,05	40,5a	93	28,0	65	58,5	208
0,50	35,5a	36	46,5	45	71,0	126
5,00	10,5 b	9	23,5	18	69,5	85
F	*	-	ns	-	ns	-
CV(%)	19,8	-	18,3	-	9,0	-
DMS	23,7	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 42 . Ensaio 2. Teores e conteúdos do manganês em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	3,0	122	63,0	3745	324,5 b	7528	38,0	525
0,05	6,5	206	104,5	5579	495,0ab	12771	109,5	1630
0,50	8,5	212	125,0	5488	610,0a	12993	211,0	2059
F	ns	-	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	37,2	-	38,7	-	13,6	-	49,0	-
DMS	-	-	-	-	272,6	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de possibilidade de 5%.

Apêndice 43 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de zinco em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Parte aérea	
	ppm	g	ppm	g
0,00	45,40a	95	32,30ab	76
0,05	17,40 b	33	32,40a	81
0,50	16,60 b	31	24,00ab	54
5,00	17,60 b	30	21,00 b	45
F	*	-	*	-
CV(%)	20,3	-	18,3	-
DMS	10,3	-	10,5	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 44 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de zinco em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	14,0	103	6,0	116	9,80 b	101	12,90	80
0,05	12,0	86	6,5	143	9,50 b	105	11,50	65
0,50	11,5	80	5,0	110	9,50 b	95	9,30	46
5,00	11,0	54	7,3	100	14,40a	93	14,10	63
F	ns	-	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	24,2	-	23,1	-	11,6	-	34,9	-
DMS	-	-	-	-	2,7	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 45 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de zinco em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	101,5	188	63,0a	110	39,5	120
0,05	103,5	238	60,0a	140	43,5	155
0,50	97,5	98	41,0 b	39	37,5	67
5,00	62,0	51	33,5 b	26	35,5	43
F	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	14,8	-	5,9	-	11,6	-
DMS	-	-	11,9	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 46 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de zinco em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Colmo		Folha		Panícula	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,00	17,5	712	32,5	1932	58,5	1357	46,0	636
0,05	23,5	744	41,5	2215	80,0	2064	49,5	737
0,50	22,5	561	37,0	1624	83,5	1778	57,0	566
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	18,3	-	21,4	-	10,3	-	18,2	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 47 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	3,8	44	2,0	50	3,8	26
0,005	4,8	45	3,0	39	4,0	19
0,050	5,4	20	5,0	19	4,0	45
0,500	-	-	-	-	6,4	14

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 48 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	3,5	81	2,3	199	3,0	229
0,005	4,1	94	2,3	180	2,6	188
0,050	4,5	48	2,8	64	4,2	145

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 49 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	2,56	107	1,54	135	2,60	387
0,005	2,25	93	1,57	146	2,71	347
0,050	2,74	137	1,24	133	2,50	368
0,500	2,21	75	1,33	91	2,61	509
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	12,1	-	8,4	-	20,7	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 50 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	1,81a	162	1,26	246	1,48ab	498	1,67	200	3,40	154
0,005	2,01a	181	1,27	229	1,41ab	417	1,54	121	2,89	202
0,050	1,66a	139	0,79	140	1,35 b	380	1,77	191	3,07	206
0,500	0,93 b	82	0,95	181	1,81a	545	1,56	177	3,21	209
F	*	-	ns	-	*	-	ns	-	ns	-
CV(%)	6,7	-	31,4	-	7,4	-	16,5	-	9,7	-
DMS	0,43	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 51 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	2,37	119	2,09	195	3,17	672
0,0025	2,45	113	2,18	181	3,14	688
0,0050	2,66	79	2,26	166	3,00	563
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	14,0	-	12,1	-	10,1	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 52 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de nitrogênio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	2,74	131	1,41	197	1,72	349	0,98 b	111	2,87	615
0,0025	2,35	152	1,27	200	1,80	417	1,60a	285	3,33	632
0,0050	2,73	175	1,43	188	1,67	337	1,12 b	142	3,13	623
F	ns	-	ns	-	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	6,9	-	18,7	-	5,2	-	6,3	-	9,9	-
DMS	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
* - Significativo ao nível de 5%.
ns - Não significativo.
Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 53 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de fósforo em feijoeiro por ocasião da floração em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule + ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,82	10	0,52	13	0,68	47
0,005	0,86	8	0,54	7	0,64	30
0,050	0,75	3	0,45	2	0,68	7
0,500	-	-	-	-	0,17	2

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 54 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de fósforo em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule + ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,90	22	0,52	45	0,63	49
0,005	0,69	16	0,55	42	0,63	46
0,050	0,67	7	0,63	15	0,58	20

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 55 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de fósforo em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	1,26	53	0,40a	35	0,50	74
0,005	1,10	46	0,40a	37	0,51	65
0,050	1,00	50	0,34 b	37	0,51	75
0,500	1,17	40	0,43a	29	0,54	105
F	ns	-	*	-	ns	-
CV (%)	7,1	-	7,3	-	3,0	-
DMS	-	-	0,05	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 56 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de fósforo em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,70	63	0,23	45	0,34	114	0,32	38	0,82	37
0,005	0,99	89	0,25	45	0,35	103	0,27	21	0,75	52
0,050	0,82	69	0,25	44	0,36	101	0,30	32	0,83	56
0,500	0,81	71	0,22	42	0,36	108	0,30	34	0,80	52
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV (%)	22,0	-	11,0	-	9,9	-	8,5	-	7,2	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 57 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de fósforo em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	0,92	46	0,42	39	0,38	81
0,0025	1,06	49	0,42	35	0,40	88
0,0050	1,00	30	0,43	32	0,33	62
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	7,9	-	4,9	-	8,0	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 58 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de fósforo em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	0,31	19	0,22	31	0,25	51	0,08	9	0,60	128
0,0025	0,45	29	0,21	33	0,24	56	0,15	28	0,67	127
0,0050	0,42	27	0,20	26	0,27	54	0,11	14	0,63	125
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	22,7	-	17,6	-	4,8	-	44,4	-	4,1	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 59 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de potássio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule + ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	3,70	43	2,50	62	3,30	227
0,005	3,00	29	2,90	37	4,20	198
0,050	5,40	20	2,50	9	3,00	30
0,500	-	-	-	-	1,30	3

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 60 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de potássio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	3,20	75	2,30	197	3,35	260
0,005	2,65	61	2,75	212	3,15	228
0,050	2,30	25	2,80	64	2,75	94

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 61 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de potássio em feijoeiro, por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio em solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	3,70	154	2,95	258	2,35	350
0,005	3,15	130	2,75	256	2,80	359
0,050	2,90	146	2,45	263	2,75	406
0,500	3,50	119	2,80	192	3,15	614
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	6,1	-	6,1	-	12,7	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 62 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de potássio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	2,45a	219	1,40	274	2,00	674	2,80 b	336	2,40	109
0,005	1,75 b	158	1,40	252	2,10	621	3,35a	262	2,15	150
0,050	1,60 b	134	1,50	265	2,15	606	3,20ab	345	2,25	151
0,500	1,90ab	166	1,30	247	2,15	647	2,85ab	323	2,25	146
F	*	-	ns	-	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	7,7	-	4,3	-	9,2	-	4,3	-	7,4	-
DMS	0,61	-	-	-	-	-	0,53	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
* - Significativo ao nível de 5%.
ns - Não significativo.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 63 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de potássio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	2,60	130	2,60	243	3,55	752
0,0025	3,15	146	2,40	199	3,20	701
0,0050	3,96	117	2,30	169	2,85	535
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	12,2	-	4,7	-	6,9	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 64 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de potássio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	1,00	63	1,50	209	2,70	547	2,05	233	1,75	375
0,0025	1,45	94	1,40	220	2,10	486	2,25	415	1,85	352
0,0050	0,90	58	1,35	177	2,40	484	1,85	235	1,90	378
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	26,6	-	11,8	-	5,8	-	18,1	-	3,1	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 65 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cálcio em feijão na ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,32	8	0,79	19	1,65	114
0,005	0,82	8	1,14	15	1,25	59
0,050	0,70	2	0,74	3	1,28	13
0,500	-	-	-	-	0,50	1

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 66 Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cálcio em feijão na ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,68	16	0,42	36	1,18	91
0,005	0,71	16	0,77	59	0,98	71
0,050	0,80	9	0,66	15	1,30	45

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 67 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cálcio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,13	5	0,13a	11	1,46a	217
0,005	0,17	7	0,08ab	7	1,30ab	167
0,050	0,18	9	0,07ab	8	1,28ab	189
0,500	0,22	8	0,05 b	3	1,09 b	212
F	ns	-	*	-	*	-
CV(%)	18,3	-	19,9	-	5,9	-
DMS	-	-	0,06	-	0,31	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 68 . Ensaio 2. Teores e conteúdos de cálcio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,16	14	0,15	29	0,92	309	0,17	20	0,05ab	2
0,005	0,18	16	0,13	23	1,00	296	0,24	19	0,08a	6
0,050	0,19	16	0,15	26	1,10	310	0,27	29	0,03 b	2
0,500	0,10	9	0,17	32	1,11	334	0,18	20	0,02 b	1
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	19,8	-	18,5	-	7,0	-	31,0	-	22,6	-
DMS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-

Obs.: Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 69 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de cálcio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	0,11	6	0,12	11	0,81a	172
0,0025	0,05	2	0,10	8	0,77a	169
0,0050	0,09	3	0,15	11	0,63 b	118
F	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	72,2	-	36,2	-	5,0	-
DMS	-	-	-	-	0,15	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 70 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de cálcio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	0,20a	13	0,15	21	1,38	280	0,05 b	6	0,14a	30
0,0025	0,20a	12	0,12	19	1,18	273	0,20a	4	0,10 b	19
0,0050	0,13 b	8	0,12	29	1,33	268	0,29a	3	0,09 b	18
F	*	-	ns	-	ns	-	*	-	*	-
CV(%)	8,8	-	35,7	-	11,6	-	11,1	-	5,4	-
DMS	0,06	-	-	-	-	-	0,07	-	0,02	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 71 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de magnésio em feijão, por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,47	3	0,22	5	0,34	23,
0,005	0,42	4	0,18	2	0,33	16
0,050	0,54	2	0,11	1	0,30	3
0,500	-	-	-	-	0,14	1

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 72 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de magnésio em feijão, na ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,000	0,46	11	0,12	10	0,17	13
0,005	0,21	5	0,12	9	0,13	9
0,050	0,20	2	0,14	3	1,30	4

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 73 . Ensaio 2. Teores e conteúdos de magnésio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	mg	ppm	mg	ppm	mg
0,000	0,31	13	0,15	13	0,35	52
0,005	0,31	13	0,12	11	0,38	49
0,050	0,36	18	0,11	12	0,33	49
0,500	0,32	11	0,14	10	0,34	66
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	18,6	-	11,7	-	7,2	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns- Não significativo.

Apêndice 74 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de magnésio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
0,000	0,35	31	0,11	22	0,29	98	0,19	23	0,12	5
0,005	0,37	33	0,10	18	0,23	68	0,21	16	0,11	8
0,050	0,35	29	0,11	19	0,27	76	0,19	21	0,11	7
0,500	0,38	33	0,11	21	0,25	65	0,18	20	0,13	8
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	9,3	-	14,2	-	16,2	-	15,3	-	9,1	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 75. Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de magnésio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	0,71a	36	0,13	12	0,25	53
0,0025	0,74a	34	0,15	12	0,21	46
0,0050	0,34 b	10	0,17	12	0,19	36
F	*	-	ns	-	ns	-
CV(%)	7,0	-	8,8	-	19,4	-
DMS	0,17	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 76. Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de magnésio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
0,0000	0,20 b	13	0,12	17	0,26	53	0,15	17	0,07	15
0,0025	0,38a	25	0,13	20	0,25	58	0,14	26	0,08	15
0,0050	0,34a	22	0,15	20	0,31	63	0,14	18	0,08	16
F	*	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	8,0	-	0,9	-	17,6	-	12,3	-	9,8	-
DMS	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 77 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cobre em feijoeiro, por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	6	7	5	12	6	41
0,005	9	9	4	5	8	37
0,050	154	57	5	2	6	6
0,500	-	-	-	-	3	1

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 78 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de cobre em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	15,0	34	7,3	62	7,0	54
0,005	14,5	33	6,0	46	5,8	42
0,050	20,5	22	6,0	14	7,0	24

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 79 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cobre em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	10,5	44	10,0 b	88	14,0	208
0,005	12,5	52	11,0 b	102	10,0	263
0,050	10,0	50	14,0 b	150	12,5	382
0,500	16,5	39	28,5a	196	16,0	477
F	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	16,5	-	20,0	-	26,5	-
DMS	-	-	12,9	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 80 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de cobre em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	5,0	45	2,5	49	6,0	202	4,0	48	12,5	57
0,005	4,5	41	2,5	45	8,5	251	4,5	35	11,0	77
0,050	4,5	38	3,5	62	5,0	141	5,0	54	13,5	90
0,500	3,5	31	3,0	53	7,5	226	5,0	57	13,0	85
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	21,3	-	32,5	-	42,5	-	7,6	-	8,9	-

Obs. : ¹ Média de 2 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 81. Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de cobre em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	13	65	6,50	61	8,50	180
0,0025	11	51	6,00	50	8,00	175
0,0050	15	46	7,50	55	7,00	131
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	10,7	-	8,6	-	11,6	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 82. Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de cobre em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	9,5	59	3,0	42	5,0	101	6,5a	74	7,0	150
0,0025	6,5	42	6,0	95	5,0	116	2,5 b	46	8,5	162
0,0050	6,5	42	3,5	46	7,0	141	2,5 b	32	8,5	169
F	ns	-	ns	-	ns	-	*	-	ns	-
CV(%)	23,7	-	40,3	-	24,9	-	18,4	-	12,5	-
DMS	-	-	-	-	-	-	2,95	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
* - Significativo ao nível de 5%.
ns - Não significativo.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 83 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de ferro em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	1435	1664	54	133	220	1516
0,005	2883	2739	60	77	248	1172
0,050	2700	999	29	11	165	167
0,500	-	-	-	-	59	15

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 84 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de ferro em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	1194	2789	88	753	345	2676
0,005	4243	9715	162	1253	277	2007
0,050	2435	2629	88	201	284	974

Obs...: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 85 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de ferro em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	607,0	2531	104,0	910	294,0	4375
0,005	702,0	2913	83,0	772	293,5	3760
0,050	430,5	2161	85,5	920	291,0	4292
0,500	650,5	2218	93,5	641	307,5	6002
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	15,2	-	13,9	-	9,7	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 86 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de ferro em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	266,0	2383	72,5	1418	233,5	7864	96,0	1152	157,0a	711
0,005	346,5	3125	69,5	1253	322,0	9524	75,5	592	110,5 b	772
0,050	288,0	2419	71,0	1255	313,5	8834	83,0	896	134,0ab	898
0,500	302,5	2652	78,5	1497	330,5	9955	83,0	941	149,5ab	972
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	15,7	-	15,3	-	13,8	-	5,7	-	7,9	-
DMS	-	-	-	-	-	-	-	-	44,4	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
* - Significativo ao nível de 5%.
ns - Não significativo.
Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 87 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de ferro em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	497,5	2502	80,5	751	118	2502
0,0025	582,5	2703	84,0	696	116	2543
0,0050	717,0	2129	109,5	803	111	2083
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	22,1	-	24,6	-	12,4	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 88 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de ferro em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	414,0	2588	67,0	937	16,55	3355	35,0	398	39,0	1693
0,0025	423,5	2744	47,0	741	186,5	4317	50,0	923	86,0	1634
0,0050	432,5	2777	53,0	697	220,5	4447	48,0	611	116,0	2308
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	14,7	-	19,5	-	21,1	-	30,0	-	20,0	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 89 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de manganês em feijão na ocasião da floração em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	125	145	20	49	72	496
0,005	148	141	30	39	96	454
0,050	232	86	24	14	94	95
0,500	-	-	-	-	25	6

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 90 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de manganês em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	103	240	35	300	7	54
0,005	180	412	35	270	6	42
0,050	658	710	36	82	6	19

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 91 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de manganês em feijoeiro por ocasião da floração em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	16,0	67	14,0	123	15,0 b	223
0,005	26,0	108	7,0	65	20,0ab	256
0,050	19,0	95	6,5	70	17,5ab	258
0,500	30,5	104	7,0	48	41,5a	810
F	ns	-	ns	-	*	-
CV(%)	15,8	-	39,5	-	26,6	-
DMS	-	-	-	-	25,5	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

ns - Não significativo.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 92 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de manganês em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	16,0	143	6,0	117	21,5	724	10,5	126	12,5	57
0,005	26,0	234	5,5	99	30,0	887	11,0	86	10,5	73
0,050	19,0	160	4,5	80	22,0	620	9,0	97	11,5	77
0,500	30,5	267	5,0	95	24,5	738	7,0	79	10,5	68
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	21,3	-	31,5	-	15,6	-	13,5	-	14,0	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

ns - Não significativo.

Apêndice 93 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais do manganês em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	13,0	65	5,0	47	11,0	233
0,0025	9,0	42	7,0	58	12,5	274
0,0050	8,5	25	5,5	40	13,0	244
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	26,9	-	15,6	-	10,0	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 94 . Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de manganês em feijoeiro por ocasião da formação de grãos em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	13,0	81	2,0	28	6,5	132	1,5	17	2,5	54
0,0025	6,0	39	2,0	32	5,5	127	2,0	37	3,5	75
0,0050	7,5	48	2,0	26	12,0	242	3,0	38	3,5	70
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	29,5	-	57,7	-	21,6	-	56,5	-	22,3	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 95 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de zinco em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	22	26	10	25	25	172
0,005	24	23	8	10	32	150
0,050	21	8	18	7	28	29
0,500	-	-	-	-	10	3

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 96 . Ensaio 1. Teores e conteúdos totais de zinco em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule + ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	24,3	57	12,3	105	28,8	223
0,005	25,8	59	14,0	108	24,8	179
0,050	28,5	31	16,0	37	25,0	86

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 97 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de zinco em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	46,5	194	34,5	302	43,5	647
0,005	67,0	278	38,0	353	47,5	609
0,050	42,0	211	29,0	312	37,5	553
0,500	53,5	182	55,0	377	50,0	976
F	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	21,3	-	17,2	-	12,3	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 98 . Ensaio 2. Teores e conteúdos totais de zinco em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,000	29,0	260	22,0	430	26,0	876	30,5	366	60,0	272
0,005	28,5	257	22,5	406	30,0	887	32,5	255	55,5	388
0,050	25,0	210	19,0	336	27,5	775	29,0	313	54,5	365
0,500	25,0	219	16,5	314	26,5	798	30,0	340	53,5	348
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	5,4	-	9,0	-	15,1	-	4,9	-	10,7	-

Obs.: Média de 2 repetições.
ns - Não significativo.

Apêndice 99. Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de zinco em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	25,0 b	126	36,0	336	24,0	509
0,0025	24,0 b	111	32,0	265	23,5	515
0,0050	41,5a	123	31,0	227	23,0	432
F	*	-	ns	-	ns	-
CV(%)	7,2	-	8,2	-	7,9	-
DMS	9,18	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 100. Ensaio 3. Teores e conteúdos totais de zinco em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz		Caule+ ramo		Folha		Casca		Grão	
	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg	ppm	µg
0,0000	23,0	144	29,5	413	25,5	517	13,5	153	33,5	718
0,0025	27,0	175	26,5	418	17,5	405	27,5	507	36,5	694
0,0050	28,5	183	24,0	316	14,5	292	17,0	216	32,5	647
F	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
CV(%)	26,1	-	5,7	-	27,8	-	7,9	-	11,8	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 ns - Não significativo.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 101 - Equações de regressão entre teores dos macronutrientes e micronutrientes (y) em % e ppm, respectivamente, em arroz e ppm de cádmio (x) na solução nutritiva

Ensaio nº	Época fisiológica	Variável	Equação de regressão	r	F
1	Perfilhamento	P-raiz	$y = 0,358 - 0,022x$	-0,62	*
		p.aérea	$y = 1,321 - 0,045x$	-0,87	*
		K-raiz	$y = 2,999 - 3,321x - 0,610x^2$	-0,95	*
		p.aérea	$y = 5,623 - 2,120x + 0,385x^2$	-0,99	*
		Ca-p.aérea	$y = 0,511 + 0,406x - 0,089x^2$	0,92	*
		Mg-p.aérea	$y = 0,031 - 0,046x + 0,008x^2$	-0,65	*
		Fe-raiz	$y = 730,428 + 159,916x$	0,98	*
		p.aérea	$y = 7304,288 + 1599,161x$	0,98	*
		Mn-raiz	$y = 3,045 + 8,748x - 1,781x^2$	0,99	*
		p.aérea	$y = 284,191 - 33,606x$	-0,88	*
		Zn-raiz	$y = 66,214 - 79,299 + 14,62x^2$	-0,66	*
		p.aérea	$y = 59,955 - 3,841x$	-0,79	*
	Panícula	N-raiz	$y = 1,353 + 1,945x - 0,355x^2$	0,96	*
		P-folha	$y = 0,294 + 0,038x$	0,99	*
		panícula	$y = 0,382 - 0,083x$	-0,99	*
		Mg-panícula	$y = 0,121 + 0,007x$	0,88	*
		Cu-raiz	$y = 3,359 - 0,821x$	0,97	*
		Fe-raiz	$y = 291,964 + 52,953x$	0,99	*
2	Perfilhamento	Zn-folha	$y = 19,633 + 1,840x$	0,99	*
		Mn-panícula	$y = 34,212 + 3,180x$	0,97	*
		raiz	$y = 0,451 + 0,018x$	0,76	*
		colmo	$y = 0,811 + 0,031x$	0,72	*
		P-folha	$y = 0,738 + 0,067x$	0,78	*
		K-raiz	$y = 4,489 - 0,271x$	-0,97	*
		colmo	$y = 6,912 - 0,278x$	-0,93	*

(cont.)

(cont.)

Ensaio nº	Época fisiolo- gica	Variável	Equação de regressão	r	F
2	Panícula	Ca-folha	$y = 0,071 + 0,078$	0,99	*
		Mg-colmo	$y = 0,179 - 0,013x$	-0,92	*
		folha	$y = 0,241 - 0,023x$	-0,62	*
		Cu-raiz	$y = 23,426 + 37,130 - 7,743x^2$	0,96	*
		Fe-raiz	$y = 686,628 + 155,132x$	0,96	*
		Mn-raiz	$y = 36,549 - 5,170x$	-0,95	*
		colmo	$y = 25,872 + 45,855 - 9,266x^2$	0,99	*
		Zn-colmo	$y = 55,938 - 4,730x$	-0,80	*
		N-raiz	$y = 1,102 + 2,397x$	0,99	*
		P-folha	$y = 0,237 + 0,151x$	0,91	*
		K-raiz	$y = 0,933 + 0,906x$	0,90	*
		folha	$y = 2,489 + 1,241x$	0,96	*
		panícula	$y = 1,083 + 0,818x$	0,95	*
		Ca-panícula	$y = 0,092 + 0,225x$	0,99	*
		Cu-raiz	$y = 6,826 + 7,307x$	0,99	*
		Fe-folha	$y = 308,725 + 356,043x$	0,87	*
		panícula	$y = 55,491 + 83,681x$	0,99	*
		Mn-folha	$y = 394,695 + 446,208x$	0,86	*

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

Apêndice 102 - Equações de regressão entre teores dos macro-
trientes e micronutrientes (y) em % e ppm,
respectivamente, em feijoeiro e ppm de cádmio
na solução nutritiva.

Ensaio nº	Época fisiolo- gica	Variável	Equação de regressão	r	F
2	Floração	P-caule	$y = 0,400 - 1,334 + 2,766x^2$	-0,99	*
		K-raiz	$y = 3,417 - 13,347x + 26,797x^2$	-0,83	*
		Ca-caule	$y = 0,094 - 0,092x$	-0,70	*
		folha	$y = 1,298 - 6,998x + 13,502x^2$	-0,94	*
		Cu-caule	$y = 10,978 + 35,291x$	0,99	*
		Mn-folha	$y = 16,636 + 49,467x$	0,98	*
	Grão	N-raiz	$y = 1,862 - 1,885x$	-0,77	*
		folha	$y = 1,396 + 0,798x$	0,94	*
		K-raiz	$y = 2,150 - 12,999x + 25,998x^2$	-0,71	*
		casca	$y = 3,049 + 4,070x - 8,940x^2$	0,60	*
		Ca-grão	$y = 0,050 - 0,064x$	-0,62	*
	Floração	K-raiz	$y = 2,558 + 269,999x$	0,99	*
		Ca-folha	$y = 0,824 - 34,078x$	-0,90	*
		Mg-raiz	$y = 0,777 - 72,999x$	-0,82	*
		Zn-raiz	$y = 21,916 + 3,300x$	0,84	*
		N-casca	$y = 0,975 + 472,000x - 88.800x^2$	0,99	*
		K-folha	$y = 2,70 - 49,999x + 72000x^2$	0,99	*
		Ca-casca	$y = 0,059 + 38,947x$	0,98	*
		grão	$y = 0,131 - 0,342x$	-0,96	*
3	Grão	raiz	$y = 0,208 - 13,999x$	-0,83	*
		Mg-raiz	$y = 0,231 + 28x$	0,74	*
		Cu-casca	$y = 6,078 - 842x$	-0,92	*
		Zn-casca	$y = 13,499 + 10,616x - 1,983x^2$	0,99	*

Obs.: * - Significativo ao nível de 5%.

Apêndice 103. Ensaio 1. Teores totais de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Parte aérea
- - - - - ppm - - - - -		
0,00	2,5 _c	5,0 _d
0,05	121,5 _{bc}	43,5 _c
0,50	420,0 _{ab}	85,5 _b
5,00	755,0 _a	161,0 _a
F	*	*
CV(%)	51,1	17,2
DMS	349,16	26,7

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 104. Ensaio 1. Teores totais de cádmio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula
- - - - - ppm - - - - -				
0,00	7,0 _c	2,5 _b	3,0 _b	1,5 _b
0,05	32,5 _{bc}	4,5 _b	20,5 _b	4,0 _b
0,50	187,5 _{ab}	19,5 _b	78,5 _{ab}	9,0 _b
5,00	202,5 _a	139,0 _a	172,0 _a	44,0 _a
F	*	*	*	*
CV(%)	69,1	55,7	83,1	43,9
DMS	155,84	48,44	119,66	13,48

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 105. Ensaio 2. Teores totais de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Total
----- ppm -----			
0,00	12,5 c	4,0 c	1,0 b
0,05	58,5 c	16,5 c	7,5 b
0,50	570,0 b	88,0 b	25,5a
5,00	1020,0a	138,5a	30,5a
F	*	*	*
CV(%)	11,4	7,8	20,9
DMS	194,23	19,84	13,78

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 106. Ensaio 2. Teores totais de cádmio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula
----- ppm -----				
0,00	0,0 b	0,1 b	2,0 b	0,0 b
0,05	14,5 b	5,0 b	3,5 b	2,5 b
0,50	167,0a	24,0a	11,0a	13,0a
F	*	*	*	*
CV(%)	17,5	18,8	16,5	48,0
DMS	44,39	7,63	3,81	10,37

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 107. Ensaio 1. Conteúdos totais de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Parte aérea	Total
	----- µg -----		
0,00	5 c	12 d	17 c
0,05	231 bc	109 c	340 c
0,50	777ab	190 b	967 b
5,00	1268a	348a	1616a
F	*	*	*
CV(%)	51,8	17,4	40,3
DMS	623,31	60,17	625,55

Obs.: ¹ Média de 4 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 108. Ensaio 1. Conteúdos totais de cádmio em arroz por ocasião de formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
	----- µg -----				
0,00	51 b	48 b	31	9 b	139 c
0,05	232 b	98 b	226	22 b	578 bc
0,50	1310a	429 b	781	45 b	2565ab
5,00	994ab	1918a	1111	198a	4221a
F	*	*	ns	*	*
CV(%)	71,9	78,2	98,9	93,8	52,1
DMS	976,05	1038,22	-	101,84	2061,80

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 n.s.- Não significativo.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 109. Ensaio 2. Conteúdos totais de cádmio em arroz por ocasião do máximo perfilhamento, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Total
	----- µg -----			
0,00	23 c	7 c	3 c	23 c
0,05	135 c	38 bc	27 bc	201 c
0,50	569 b	84ab	37 ab	699 b
5,00	838a	108a	45a	983a
F	*	*	*	*
CV(%)	16,1	25,0	9,1	21,3
DMS	257,48	60,78	10,43	207,4

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 110. Ensaio 2. Conteúdos totais de cádmio em arroz por ocasião da formação da panícula, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Colmo	Folha	Panícula	Total
	----- µg -----				
0,00	0 b	6 c	47 b	0 c	63 b
0,05	460 b	263 b	90 b	35 b	850 b
0,50	4171a	1044a	235a	122a	5573a
F	*	*	*	*	*
CV(%)	21,3	7,8	22,1	13,3	16,5
DMS	1378,65	143,89	114,82	29,45	1489,1

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 111. Ensaio 1. Teores totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha
- - - - - ppm - - - - -			
0,000	6	0	1
0,005	58	7	4
0,050	270	28	14
0,500	-	-	3

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 112. Ensaio 1. Teores totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha
- - - - - ppm - - - - -			
0,000	2,5	1	3
0,005	30,0	1	3
0,050	150,0	-	11

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 113. Ensaio 2. Teores totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha
	ppm		
0,000	0,0 b	0,0	0,0
0,005	2,0 b	0,0	0,0
0,050	3,5 b	0,0	1,0
0,500	70,5a	1,5	0,5
F	*	-	-
CV(%)	5,7	-	-
DMS	44,7	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 114. Ensaio 2. Teores totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão
	ppm				
0,000	0,5 c	0,0	0,0	1,5	1,0
0,005	2,5 bc	0,0	0,0	1,0	0,0
0,050	4,5 b	0,0	0,0	0,5	0,0
0,500	46,0a	0,5	2,0	1,0	1,0
F	*	-	-	-	-
CV(%)	6,9	-	-	-	-
DMS	3,8	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 115. Ensaio 3. Teores totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha
----- ppm -----			
0,0000	2,5 b	0	0
0,0025	31,0a	2,0	2,0
0,0050	38,5a	2,5	2,5
F	*	-	-
CV(%)	19,0	-	-
DMS	19,15	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 116. Ensaio 3. Teores totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão
----- ppm -----					
0,0000	1,0 b	0,0	2,0	0,0	0,0
0,0025	34,0a	1,5	0,5	1,0	1,0
0,0050	44,5a	4,0	0,0	0,0	1,0
F	*	-	-	-	-
CV(%)	13,1	-	-	-	-
DMS	14,5	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.
 * - Significativo. ao nível de 5%.
 Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 117. Ensaio 1. Conteúdos totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- µg -----				
0,000	7	0	7	14
0,005	55	9	19	83
0,050	100	10	14	124
0,500	-	-	1	.

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 118. Ensaio 1. Conteúdos totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- µg -----				
0,000	6	9	23	38
0,005	69	8	22	99
0,050	162	-	38	200

Obs.: ¹ Médias obtidas de números variáveis de repetições.

Apêndice 119. Ensaio 2. Conteúdos totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd pp.	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- µg -----				
0,000	0 b	0	0	0
0,005	8 b	0	0	8
0,050	18 b	0	15	33
0,500	240a	10	10	260
F	*	-	-	-
CV(%)	11,0	-	-	-
DMS	11,0	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 120. Ensaio 2. Conteúdos totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
0,000	4 b	0	0	18	5	27
0,005	23 b	0	0	8	0	31
0,050	38 b	0	0	5	0	43
0,500	403a	10	60	11	7	491
F	*	-	-	-	-	-
CV(%)	14,5	-	-	-	-	-
DMS	69,40	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 121. Ensaio 3. Conteúdos totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da floração, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Total
----- µg -----				
0,0000	13 b	0	0	13
0,0025	144a	17	44	205
0,0050	114a	18	47	175
F	*	-	-	-
CV(%)	23,4	-	-	-
DMS	82,69	-	-	-

Obs.: ¹ Média de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Apêndice 122. Ensaio 3. Conteúdos totais de cádmio em feijoeiro por ocasião da formação de grãos, em função dos níveis de cádmio na solução nutritiva¹

Cd ppm	Raiz	Caule+ ramo	Folha	Casca	Grão	Total
----- µg -----						
0,0000	6 b	0	41	0	0	47
0,0025	220a	24	12	18	19	293
0,0050	285a	53	0	0	20	358
F	*	-	-	-	-	-
CV(%)	10,3	-	-	-	-	-
DMS	73,53	-	-	-	-	-

Obs.: ¹ Médias de 2 repetições.

* - Significativo ao nível de 5%.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.