

ATAIDE GARCIA DE CARVALHO JUNIOR


EFEITO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM CULTIVARES
DO ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE SEQUEIRO SOB
DÉFICIT HÍDRICO, EM SOLO SOB CERRADO

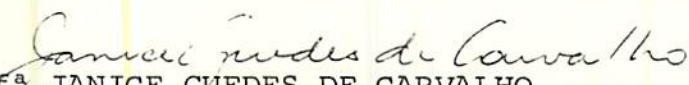
Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de MESTRE.

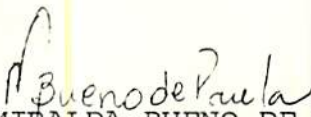
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1987

EFEITO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM CULTIVARES DO ARROZ (Oryza sativa
L.) DE SEQUEIRO SOB DÉFICIT HÍDRICO, EM SOLO SOB CERRADO

APROVADA:


Prof. AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA
Orientador


Prof.^ª JANICE GUEDES DE CARVALHO


Pesq. MIRALDA BUENO DE PAULA

Aos meus pais, avós e irmãos
À GÔ

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

à Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade para a realização deste curso;

à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, através do Centro Regional de Pesquisas do Sul de Minas (CRSM), pelos recursos técnicos e financeiros;

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida;

à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), pela ajuda financeira na impressão deste trabalho;

ao professor Augusto Ferreira de Souza, professora Janice Guedes de Carvalho e pesquisadora Miralda Bueno de Paula, pela valiosa orientação, ensinamento, participação, apoio e amizade;

aos professores e secretárias dos Departamentos de Agricultura, Ciência do Solo e Biologia, pela cooperação e amizade, em especial ao professor Nilton Curi;

à Jorge Sabino da S. Filho pela confecção dos gráficos;
aos funcionários do Departamento de Agricultura, pela ajuda na condução do experimento e aos laboratoristas de análise foliar do Departamento de Química, pela cooperação no desenvolvimento deste trabalho;

aos meus pais, Ataíde Garcia de Carvalho e Maria Duarte de Carvalho, meus irmãos, Ione, Diná, Tânia, Antônio Carlos, e cunhados Laércio e Hélio Rubens, pelo incentivo e apoio no decorrer do curso;

aos meus amigos e colegas do curso de pós-graduação, especialmente Antônio Carlos Motta, Ednaldo Mesquita de Carvalho, José Maria C. da Costa, Dimas A.D.B. Cardoso, Alan C. de Mendonça, Giovani C. Ferri e Djalma M.C. Teixeira, pelo convívio e amizade;

à Gorette Aparecida Polegatto, pelo amor, carinho e companheirismo;

enfim, a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ATAIDE GARCIA DE CARVALHO JUNIOR, filho de Ataíde Garcia de Carvalho e Maria Duarte de Carvalho, nasceu na cidade de Alvares Florence, Estado de São Paulo, aos 26 do mês de maio de 1961.

Realizou seus estudos primários e secundários na cidade de Alvares Florence, SP. Em dezembro de 1978, concluiu o curso de Técnico em Agropecuária, na Escola Estadual de Segundo Grau de Monte Aprazível (Agrícola), Estado de São Paulo.

Em março de 1981, iniciou o curso de graduação em Agronomia no Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo (CAUFES), em Alegre-ES, graduando-se Engenheiro Agrônomo, em março de 1985.

Iniciou o curso de pós-graduação, a nível de mestrado, em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, em março de 1985, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras-MG, tendo concluído o curso em agosto de 1987.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Deficiência hídrica.....	04
2.2. Potássio.....	13
2.3. Cultivares.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Caracterização geral.....	25
3.2. Parâmetros utilizados na comparação dos tratamen- tos.....	30
3.2.1. Altura das plantas.....	30
3.2.2. Produção.....	30
3.2.3. Peso de matéria seca.....	30
3.2.4. Índice de colheita e relação parte aérea total/raiz.....	31
3.2.5. Extração e exportação de nutrientes.....	31
3.3. Análise estatística.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Altura das plantas.....	32

4.2. Produção de grão, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos.....	39
4.3. Peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total.....	55
4.4. Relação parte aérea total/raízes e índice de <u>co</u> lheita	69
4.5. Extração e exportação de nutrientes pelas plantas do arroz.....	77
4.5.1. Nitrogênio.....	77
4.5.2. Fósforo.....	85
4.5.3. Potássio.....	89
4.5.4. Cálcio.....	96
4.5.5. Magnésio.....	103
4.5.6. Enxofre.....	111
4.5.7. Cobre.....	115
4.5.8. Manganês	121
4.5.9. Zinco.....	125
5. CONCLUSÕES.....	133
5.1. A aplicação de doses crescentes de cloreto de <u>po</u> tássio (0 a 90,0 ppm de K_2O).....	133
5.1.1. Sem estresse hídrico.....	133
5.1.2. Déficit hídrico no estágio de perfilhamen- to.....	133
5.1.3. Déficit hídrico no estágio de florescimen- to.....	134
5.1.4. Déficit hídrico no estágio de enchimento de grãos.....	134

5.2. Com relação às cultivares Rio Paranaíba e IAC-25.	135
5.2.1. Sem estresse hídrico.....	135
5.2.2. Déficit hídrico no estágio de perfilhamento.....	135
5.2.3. Déficit hídrico no estágio de florescimento.....	136
5.2.4. Déficit hídrico no estágio de enchimento de grãos.....	136
6. RESUMO.....	139
7. SUMMARY.....	142
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
APÊNDICE.....	161

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Resultados das análises química, física e classificação textural da amostra do solo. Itutinga-MG 1985.....	26
2	Características agronômicas das cultivares de arroz IAC-25 e Rio Paranaíba.....	28
3	Resumo do quadro de análise de variância para a altura das plantas, produção de grãos, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (<u>Oryza sativa</u> L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.....	33
4A	Resultados médios da altura das plantas, em cm, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	35
4B	Resultados médios da altura das plantas, em cm, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro, no ensaio. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	38

Quadro	Página	
5A	Produção média de grãos, g/vaso, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	41
6A	Resultados médios do número de grãos cheios, por vaso, obtidos pela interação dose de potássio x deficiência hídrica, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	43
7A	Resultados médios do peso de 100 grãos, em gramas, obtidos da interação dose de potássio x deficiência hídrica, no experimento do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	48
5B	Produção média de grãos, g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	51
6B	Resultados médios do número de grãos cheios/vaso, obtidos pela interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	53
7B	Resultados médios do peso de 100 grãos, em gramas obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	54
8	Resumo do quadro da análise de variância para a produção de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (<u>Oryza sativa</u> L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.....	57

Quadro	Página
9A Peso médio de matéria seca das raízes, g/vaso, obtido da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.	64
9B Peso médio de matéria seca da parte aérea, g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.	66
9C Peso médio de matéria seca da parte aérea total, g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	67
9D Peso médio de matéria seca total, g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	68
10 Resumo do quadro de análise de variância para a relação parte aérea total/raízes e índice de colheita, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (<u>Oryza sativa</u> L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.....	71
11 Valores médios da relação parte aérea total/raízes, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG.1986	74
12 Resumo do quadro de análise de variância para a extração de macronutrientes e micronutrientes, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (<u>Oryza sativa</u> L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.....	78

Quadro

Página

13	Resumo do quadro de análise de variância para a exportação de macronutrientes e micronutrientes pelo grão, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (<u>Oryza sativa</u> L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.....	79
14	Exportação média de nitrogênio para o grão, em porcentagem, obtida da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	84
15	Exportação média de potássio para o grão, em porcentagem, obtida da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras -MG. 1986.....	95
16	Exportação média de potássio para o grão, em porcentagem, obtidos da interação dose de potássio x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG.1986	96
17	Exportação média de cálcio para os grãos, em porcentagem; obtida quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico nos estádios de desenvolvimento, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986	100
18	Exportação de cálcio, em porcentagem, para o grão, obtida entre as duas cultivares, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	102
19	Extração média de magnésio, mg/vaso, obtida da interação déficit hídrico x cultivares, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	107

Quadro		Página
20	Exportação média de magnésio para o grão, em porcentagem, obtida da interação dose de potássio x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG 1986.....	110
21	Extração média de enxofre, mg/vaso, obtida da interação dose de potássio x deficiência hídrica, no experimento do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras - MG. 1986.....	112
22	Exportação média de enxofre, em porcentagem, para o grão, obtida entre os estádios que sofreram déficit hídrico, no experimento do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	114
23	Exportação média de cobre, em porcentagem, obtida da interação déficit hídrico x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	120
24	Exportação média de manganês, em porcentagem, para o grão, obtida entre as duas cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	125
25	Extração média de zinco, mg/vaso, obtida entre as duas cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	131
26	Exportação média de zinco, em porcentagem, para o grão, obtida entre as duas cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Altura de plantas, obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	36
2	Produção de grãos, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	44
3	Número de grãos cheios, por vaso, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	45
4	Peso de 100 grãos obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	49
5	Rendimento de matéria seca da raiz, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	59
6	Rendimento de matéria seca da parte aérea, obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	60

Figura		Página
7	Rendimento de matéria seca da parte aérea total obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	61
8	Rendimento de matéria seca total obtido da interação, dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	62
9	Efeito dos níveis de potássio aplicados ao solo, sobre a relação parte aérea total/raiz do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	72
10	Índice de colheita obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	75
11	Extração de nitrogênio obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	82
12	Exportação de nitrogênio pelo grão obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	83
13	Extração de fósforo obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	87
14	Exportação de fósforo pelo grão obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	88

Figura		Página
15	Extração de potássio pela planta obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	91
16	Exportação de potássio pelos grãos obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	94
17	Extração de cálcio pela planta obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	98
18	Efeito dos níveis de potássio aplicados ao solo, sobre a exportação de cálcio do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	101
19	Extração de magnésio pela planta, obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	106
20	Exportação de magnésio pelo grão obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	109
21	Extração de cobre pela planta obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	117
22	Exportação de cobre pelo grão obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	118

Figura	Página
23 Extração de manganês pela planta obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do <u>ar</u> roz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	123
24 Exportação de manganês pelo grão obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do <u>ar</u> roz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	124
25 Extração de zinco pela planta obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do <u>ar</u> roz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	127
26 Exportação de zinco pelo grão obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do <u>ar</u> roz. ESAL, Lavras-MG. 1986.....	129

1. INTRODUÇÃO

O arroz (Oryza sativa L.) é um cereal de extraordinária importância no contexto mundial, fazendo parte da dieta básica de dois terços da população. Seu cultivo ocupa uma área de 130 milhões de hectares, representando 9% da área cultivada no mundo, STEINMETZ et alii (75), ocupando o segundo lugar, e o terceiro em produção, apenas superado pelo trigo e milho, FAGERIA (25).

No Brasil, seu cultivo se desenvolve em todos os Estados da Federação com uma produção média de 9,0 milhões de toneladas, obtidas em aproximadamente 5,3 milhões de hectares, com uma produtividade média de 1.685 kg/ha, FIBGE (3). O Estado de Minas Gerais participa com 9,6% desta produção, sendo 44,7% em condições de sequeiro, utilizando 60,9% da área cultivada, SEAP-MG (68).

A produtividade média brasileira é inferior à média mundial e esta vem decaindo ano após ano, apesar da produção ter sido aumentada nos últimos anos. Este fato pode ser justificado pela participação, na média brasileira, da produtividade do arroz de sequeiro, que sempre se mostra baixa em decorrência do regime das chuvas, FORNASIERI FILHO (29). Durante a estação chuvosa, quan

do o arroz é cultivado na região dos cerrados, a distribuição das chuvas é irregular, sendo comum a ocorrência de estiagens de duas a três semanas, denominadas, regionalmente, de "veranicos", GALRÃO & LOPES (32) e STONE et alii (82).

Além disso, 70% do arroz de sequeiro, produzido no Brasil, são provenientes dos estados da região centro-oeste, FAGERIA (27), MA, MG, SP e PA, sendo boa parte produzido como cultura de desbravamento, em solos pobres e ácidos, predominantemente de cerrado. Estes solos ocupam uma área em torno de 180 milhões de ha, os quais representam 21% do território nacional, EMBRAPA-CPAC (23). Para STONE et alii (86), outros fatores, tais como, alta demanda evapotranspirativa, baixa capacidade de retenção de água nos solos e desenvolvimento radicular superficial, concorrem para agravar o déficit hídrico das plantas.

Dentro deste contexto, as alternativas para a solução desses problemas são, primeiramente, a seleção de cultivares mais tolerantes aos problemas destes solos e a melhoria das condições destes solos para o arroz. Com isso, selecionando cultivares mais eficientes na absorção e na utilização do potássio, que atua no balanço hídrico das plantas, ALVARENGA (1), conferindo às mesmas, características de maior eficiência hídrica, provocadas por sua ação osmo-reguladora, HAEDER (35) e mantendo, assim, um potencial de água favorável na folha, tendem a resistir períodos de veranico mais longos. Portanto, aquelas plantas, que apresentam maiores teores de potássio foliar, ajudam a manter o potencial osmótico entre a planta e a solução do solo, tornando-as mais eficientes na

absorção de mais água do solo e também na sua preservação. Além disso, outras características que favorecem a resistência à seca, incluem sistemas radiculares mais profundos e mais desenvolvidos, com uma alta proporção de raízes longas e grossas, FERRAZ (28) e MORAIS et alii (65), pelo enrolamento de suas folhas, pela rapidez de fechamento dos seus estômatos, pela sua arquitetura foliar, pela espessura de sua cutícula ou qualquer outra característica anatômica-morfológica, que permita às plantas economizar água, acabam sendo as mais produtivas, FERRAZ (28).

Possivelmente, adubações mais pesadas de potássio ajudariam as plantas a resistirem mais ao déficit hídrico, por atuarem no potencial hídrico das células. Verifica-se também que as cultivares, no geral, apresentam diferenças genéticas quanto à absorção e utilização do potássio, influenciando em maior ou menor grau a sua capacidade de resistir a períodos de veranicos, em diferentes estádios de desenvolvimento.

No presente trabalho, estudou-se o comportamento de duas cultivares do arroz de sequeiro 'IAC-25' e 'Rio Paranaíba' e verificou-se a eficiência da adubação potássica no desenvolvimento e componentes de produção, com períodos de déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Deficiência hídrica

Nas regiões produtoras do arroz de sequeiro, a precipitação pluvial geralmente é o elemento do clima que restringe a extensão do período de cultivo da maioria das plantas anuais, CAMPELO JR. (13). Considerando-se este fato, de que a maior parte do desenvolvimento agrícola destas regiões, deverá ser feito sem irrigação, LOPES (46), a água é o principal fator de risco para a agricultura, LUCHIARI JR. et alii (48). A água desempenha um papel fundamental na vida das plantas, constituindo 90% do peso do protoplasma destas e participando de uma série de reações químicas, FERRAZ (28), inclusive na fotossíntese (28, 45 e 77).

Para MENGEL & KIRKBY (62) a quantidade de água exigida para o processo fotossintético é pequena, cerca de 0,01% da quantidade total de água usada pela planta. Entre outras funções, a água tem um alto calor específico, o que permite às plantas absorverem radiação solar sem se aquecerem em demasia, controlando, assim, a temperatura das folhas, FERRAZ (28) e STEWART (77). É essencial para manter a turgidez, necessária para a expansão e crescimento da

célula (28, 45, 62 e 77). Permite, também, a difusão e fluxo de massa, no qual os sais, os açúcares, e outros solutos se movimentam de célula para célula e de órgão para órgão, FERRAZ (28) e KRAMER (45), além de permitir a abertura e fechamento dos estômatos, FAGERIA (25) e FERRAZ (28).

Embora nessas regiões de cerrado, a quantidade de água total supere a necessidade das plantas, REICHARDT (69), é a ocorrência errática, durante o período chuvoso, de períodos secos, denominados veranicos, que traz altos riscos à produção das culturas de ciclo curto, KOFFLER (43). WOLF (88); estudando a probabilidade de ocorrência de veranicos para um período de 42 anos, concluiu que em apenas 1 ano, durante um período de 13 anos, as chuvas seriam bem distribuídas durante a estação chuvosa e, normalmente, poderão ocorrer 3 períodos secos por estação chuvosa de 8 ou mais dias ou 2 períodos secos de 10 dias ou mais ou 1 período seco de 13 ou mais dias, que vão se concentrar no final de dezembro até a metade de janeiro. Essa distribuição irregular pode causar efeitos detrimen-tais às plantas, se coincidirem com os períodos críticos de necessidade de água, afetando em maior ou menor grau a produção final, LOPES (46) e LUCHIARI JR. et alii (48).

A intensidade e duração da deficiência hídrica apresentam influência marcante sobre as respostas observadas nas plantas, CAMPELO JR. (13), uma vez que o crescimento é realmente controlado pelo balanço hídrico e pela turgidez da planta. Déficit hídrico amenos reduz a expansão celular, conseqüentemente reduzindo o crescimento da planta, HSIAO & ACEVEDO (40). Com isso, o estresse reduz

a força da fonte reduzindo a fotossíntese e a força do dreno, inibindo o crescimento e reduzindo, assim, a translocação. Em adição, o padrão de translocação determina a partilha dos assimilados entre diferentes partes da planta sob estresse, HSIAO & ACEVEDO (40). Deste modo, esta redução na taxa de translocação poderia resultar de uma redução na quantidade de fotossintato disponível para o transporte ou de uma inibição direta do processo de translocação, BOYER & McPHERSON (9).

Para KRAMER (45) esse balanço hídrico interno depende das taxas relativas de perda de água e da absorção de água. Embora sejam um pouco interdependente, a absorção é controlada, principalmente, por fatores do solo e a transpiração por fatores atmosféricos; conseqüentemente ocorrem, com frequência, em taxas um pouco diferentes. Além do mais, há uma tendência para a absorção ficar atrás da transpiração devido à alta resistência do movimento hídrico que existe nas raízes.

Segundo LUCHIARI JR. et alii (48), sob novo enfoque, o veranico é visto agora como um fenômeno que resulta de uma interação entre o solo, o clima e a planta, cujo nível de dano à cultura depende da intensidade evaporativa da atmosfera, da duração do período seco, do estágio fenológico da planta (quando de sua ocorrência), da espécie cultivada, do manejo e do tempo de manejo a que o solo está sendo submetido.

As plantas, quando submetidas a déficit hídricos, acionam mecanismos de resistência à seca, mantendo nas folhas um potencial

hídrico favorável, durante esse estresse. Para CAMPELO JR. (13) há dois tipos de mecanismos: escape e tolerância. Entre os mecanismos de escape, destacam-se a redução do ciclo, o armazenamento de água nos tecidos e a elevada resistência cuticular à transpiração. Os mecanismos de tolerância podem ser de natureza morfológica ou fisiológica. A redução do crescimento das folhas, a senescência precoce das folhas mais velhas, a orientação da folha para absorver menos energia, o enrolamento das folhas, a formação de estruturas que aumentam a refletividade e o desenvolvimento preferencial das raízes são considerados mecanismos morfológicos de tolerância.

O ajuste osmótico também é um mecanismo de tolerância fisiológico utilizado pelas plantas, que consiste no abaixamento do potencial osmótico da água nas células. Uma perda efetiva de água das células durante um déficit hídrico, concentra a solução no interior da célula e abaixa o potencial osmótico. Entretanto, além do decréscimo do potencial osmótico, devido ao aumento da concentração pela perda parcial do solvente, o estresse induz a um aumento da concentração devido ao aumento da quantidade de solutos, o que reduz a perda efetiva de água da célula, mantendo o turgor, mesmo quando o potencial da água na folha decresce. Dessa forma, a planta continua perdendo água apesar da redução do suprimento fornecido pelo solo, CAMPELO JR. (13).

CAMPELO JR. (13) salienta que alguns autores alertam que experimentos, em casa de vegetação, de estresse hídrico, agravam os efeitos da deficiência hídrica em comparação com os resultados de campo, uma vez que correspondem a um estresse abrupto, não per

mitindo que as plantas acionem seus mecanismos de resistência à seca, como acontece com o estresse gradual, obtido no campo. Todavia, os resultados obtidos em casa de vegetação e em condições de campo se revelaram semelhantes, porém o ponto crítico, geralmente é atingido mais rapidamente em casa de vegetação. STONE (79) encontrou que períodos de 4 a 8 dias em casa de vegetação equivalem a períodos bem maiores em condições de campo, e que, nas condições em que foi conduzido o experimento, verifica-se, por extrapolação, que cerca de 9 dias de veranico durante a emissão das panículas seriam suficientes para reduzir a produção a zero.

Essa redução da produção e do crescimento das plantas sob estresse hídrico, em geral, para KRAMER (44) é caracterizada por uma redução de seu conteúdo hídrico, do seu potencial osmótico total, acompanhada pela perda de turgescência e pelo fechamento dos estômatos.

Considerando que os estômatos agem como reguladores para troca de CO_2 , bem como reguladores de perda de água, admite-se que o déficit hídrico suficiente para fechar os estômatos deve também diminuir a fotossíntese, BEGG & TURNER (6) e CAMPELO JR. (13).

CUTLER et alii (19) constatam que déficits hídricos, em folhas de arroz, acarretam reduções na taxa de alongamento foliar, onde as plantas condicionadas e controle tiveram limites de turgescência semelhantes para o alongamento foliar, mas acima deste limite, as plantas controles exigiram menor turgescência para taxa semelhante de alongamento.

BOYER & McPHERSON (9) mencionam que entre os inúmeros processos fisiológicos que contribuem para a formação dos grãos, os principais são: a fotossíntese e a translocação de fotossintatos para o grão, a divisão e expansão celular e o acúmulo de transporte de elementos nutritivos, para armazenarem nos grãos e para o funcionamento geral do metabolismo celular. Contudo, um déficit hídrico reduzirá esses inúmeros processos fisiológicos, acarretando uma menor produtividade primária ou biológica e/ou produtividade econômica ou agrícola.

Segundo FAGERIA (25), a redução da produtividade sobre os componentes de produção, devido aos efeitos do estresse hídrico, depende sobretudo do estágio de crescimento em que ocorrer, da severidade e da duração da deficiência. Déficit hídrico na fase de crescimento vegetativo não afeta muito a produção final, pois a planta restabelece o equilíbrio hídrico, se recupera e continua a crescer normalmente, FERRAZ (28) e CAMPELO JR. (13). No entanto, plantas que sofreram deficiência neste estágio de desenvolvimento, comumente apresentam redução na altura das plantas, com área foliar e perfilhamento reduzidos, BUENO et alii (12) e FERRAZ (28). Contudo, o crescimento das raízes geralmente é favorecido em relação à parte aérea, CAMPELO JR. (13). Para MORAIS et alii (65), um sistema radicular mais profundo possibilita à planta evitar o estresse hídrico, pela absorção de água do solo, que não seria utilizada por raízes superficiais.

STONE et alii (80) estudando quatro níveis de água e três cultivares de arroz, verificaram que os rendimentos de matéria seca das raízes das cultivares de sequeiro, aumentaram com a deficiência hídrica.

CRUZ & O'TOOLE (18) estudando vários níveis de água no solo, mostraram que as raízes estavam presentes; porém, no nível mais baixo d'água (sem irrigação), a densidade do comprimento da raiz foi 33% maior do que no nível mais alto d'água, na profundidade de 0 a 15 cm; 28% maior na profundidade de 15 a 30 cm; 56% maior na profundidade de 30 a 45 cm; 49% maior na profundidade de 45 a 75 cm. A densidade do comprimento das raízes foi linearmente relacionada com o peso da matéria seca das raízes nas várias camadas do solo.

MAMBANI & LAL (59) efetuando estudo em campo, da relação entre o crescimento da raiz em três variedades de sequeiro e potencial hídrico da folha com e sem irrigação suplementar, encontraram potenciais hídricos nas folhas, mais negativos para as plantas que apresentaram sistema radicular mais profundo e recuperaram a turgidez das folhas mais rapidamente. Sustentam ainda que a resistência à seca é melhor obtida através de um sistema radicular profundo do que através do mecanismo do fechamento estomatal.

Resultados semelhantes também foram encontrados por BANBA & OHKUBO (4) que ainda sugerem que as altas taxas de crescimento nos pesos das raízes nas plantas de arroz, com estresse hídrico, foram correlacionadas com resistência à seca, pois a alta taxa de

crescimento do peso da raiz foi obtido pelo arroz de sequeiro que tem tolerância à seca. A relação raiz/parte aérea foi aumentada nos tratamentos mais secos, porque a matéria seca da raiz foi aumentada e a matéria seca da parte aérea foi diminuída com o estresse hídrico.

Déficit hídrico no estágio reprodutivo e no enchimento dos grãos, segundo vários autores, é o que causa maiores danos à produção. No entanto, estresse hídrico no estágio de florescimento é o período mais crítico para a cultura do arroz. Para JONES (42) esse período crítico de 20 dias antes até 10 dias após o florescimento pode afetar seriamente a produção de grãos. Já para HERNANDEZ (38) o período compreendido entre 5 e 15 dias, antes do emborrachamento e floração, é o período mais seriamente afetado pelo déficit hídrico. Baseando nos resultados obtidos por STONE et alii (84), verificou-se que o período mais crítico do arroz, com relação à necessidade de água é o que vai da diferenciação do primórdio floral ao início da floração; porém ainda relata que esse período pode estender-se até a fase leitosa de enchimento de grãos.

Esse período crítico para (12, 25 e 26) é devido à deficiência hídrica intensa neste estágio, causando uma alta percentagem de esterilidade, reduzindo, deste modo, a produção de grãos (2, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 24, 26, 37, 59, 60, 80, 82 e 84), o número de grãos cheios por panícula (17, 22, 80 e 82), a altura das plantas (2, 13, 14, 17, 37, 71 e 80), o peso da matéria seca total e o peso da matéria seca da parte aérea total (13, 15, 21, 24,

36, 37, 71, 80 e 82). No entanto, a relação raiz/colmo foi aumentada, BANBA & OHKUBO (4) e STONE (79). Segundo esses autores, este aumento é devido ao aumento do peso da matéria seca do sistema radicular e diminuição do peso da matéria seca da parte aérea, principalmente a produção de grãos.

Déficits hídricos durante a definição do tamanho da casca e na fase de enchimento dos grãos é o fator mais importante na redução do seu peso, FAGERIA (25), portanto, déficits hídricos, nesta fase de enchimento, vão causar uma redução do peso médio dos grãos (12, 13, 17, 34, 37 e 80).

Ao iniciar a formação da panícula, o crescimento dos órgãos vegetativos decresce rapidamente, permitindo a acumulação, nas bainhas foliares e no colmo, de substâncias de reserva, principalmente amido e açúcares. Estes carboidratos, a partir da antese, são em grande parte translocados para a espiga em formação. A eficiência desse transporte de assimilados para o grão é dado pela relação peso do grão/peso da palha, e conhecido como "índice de colheita", FERRAZ (28). No entanto, com o déficit hídrico no estágio reprodutivo, há uma diminuição do índice de colheita, pois segundo STONE (79), isto ocorre porque o estresse hídrico reduz proporcionalmente mais a produção de grão do que o rendimento de matéria seca da palha. Resultados semelhantes foram encontrados por CRUZ et alii (17) e STONE et alii (80).

CAMEPLO JR. (13) obteve resultados diferentes sob o índice de colheita, uma vez que o efeito do déficit hídrico sobre o índice de colheita não foi significativo, apenas teve um ligeiro

decréscimo. Segundo o autor relata que a variedade utilizada tratava-se de uma planta obtida em condições de sequeiro, consequentemente, apresenta mecanismo de tolerância à seca.

2.2. Potássio

O potássio presente nos solos está classificado em quatro formas distintas: potássio não disponível, ou seja, aquele que faz parte da estrutura de cristal dos minerais silicatados, especialmente as micas e feldspatos; potássio trocável, aquele adsorvido no complexo de troca do solo; potássio na solução do solo, aquele presente na água do solo e potássio lentamente disponível ou fixado, o potássio aprisionado entre as camadas, principalmente nas argilas 2:1, com valores de 90 a 98%, 1 a 2%, 0,1 a 2% e 1 a 10% do potássio total, respectivamente, SILVA (72). Para MALA VOLTA (50) além destas formas existe o potássio na matéria orgânica do solo liberado pela atividade microbiana.

Entre as várias formas do potássio no solo, o potássio trocável e o potássio na solução do solo estão prontamente disponíveis para as plantas, (20, 50 e 72), apresentando um equilíbrio dinâmico com as formas não disponíveis, DE DATTA & MIKKELSEN (20). As raízes das plantas ocupam, normalmente, menos que 1 a 2% do volume do solo; portanto, elas não entram em contacto com mais de 1 a 2% do potássio disponível no solo. Então, a maior parte do potássio de que a planta necessita, precisa se mover até a raiz antes de ficar posicionalmente disponível para a absorção radicular,

BARBER (5). Entre os três diferentes processos de contacto íon-raiz (interceptação radicular, fluxo de massa e difusão), o processo de difusão é o principal, nos solos das regiões tropicais e sub-tropicais, onde a fixação do potássio ocorre em grau menor do que o verificado em condições de clima temperado; a difusão desempenha um papel menor e o processo fluxo de massa participa ainda mais, MALAVOLTA & CROCOMO (53). Entre os vários fatores que afetam a disponibilidade do potássio no solo, o teor de água é diretamente dependente, MIELNICZUK (64), uma vez que solos com baixo teor de água tendem a diminuir a sua disponibilidade.

A entrada do potássio no interior da planta se dá em duas etapas: 1. Fase Passiva - o potássio chega aos espaços intercelulares e daí passa para a parede celular, geralmente por troca com H^+ ; o processo é rápido e reversível, ocorrendo a favor do gradiente de concentração; 2. Fase Ativa - o potássio se combina com um "carregador", atravessa o plasmalema, o citoplasma, o tonoplasto e atinge o vacúolo; o processo é lento, irreversível, dá-se contra o gradiente de concentração e exige gasto de energia, MALAVOLTA (52). Para MENGEL & KIRKBY (61) a absorção do potássio é seletiva em relação a outros cátions, aceita-se geralmente que absorção do potássio envolve a combinação de um carregador hipotético com o íon K^+ . Acredita-se que isso ocorra de tal modo que o complexo intermediário carregador íon formado na parte externa seja transportado para dentro. E do lado interno da membrana o complexo carregador íon se rompe e o potássio é liberado dentro da célula.

As quantidades de nutrientes, que são extraídas pela cultura do arroz, dependem da fertilidade do solo, da variedade, da produtividade, das condições de clima, adubação e tratamentos culturais, FAGERIA (25). No entanto, o potássio é o macronutriente mais absorvido pela planta do arroz, FORNASIERI FILHO (29) e FURLANI et alii (31). É facilmente redistribuído no interior da planta, pois é altamente móvel, deslocando-se das folhas mais velhas e outros órgãos para regiões em crescimento, MEYER et alii (63), frutos em desenvolvimento e sendo encontrado, em maior parte (75%), na forma de íon K^+ , MALAVOLTA (52).

O potássio é absorvido continuamente pelo arroz até aos 106 dias após a germinação, atingindo seu ponto máximo nesta época. Dos 106 dias até a colheita observou-se um decréscimo no conteúdo total, MALAVOLTA et alii (57). Contudo, a máxima velocidade de absorção ocorreu dos 50 a 70 dias após a germinação (perfilhamento e aparecimento da panícula), MALAVOLTA et alii (56).

FORNASIERI FILHO (29) encontrou que as quantidades extraídas dos nutrientes seguem a seguinte sequência: $K > N \gg Ca > Mg > P > Cl \gg Fe \gg Mn > Zn > B > Cu$; e constatou, ainda, que o nitrogênio e o fósforo se concentram principalmente nos grãos e colmos; o potássio e enxofre nos colmos; o magnésio, nos colmos e folhas. Entre os micronutrientes, o boro acha-se em maior proporção nas folhas e colmos; o cloro e cobre nos colmos e grãos; o ferro, nas raízes e colmos; o manganês, nas folhas; o zinco, nos colmos e grãos. Quanto à exportação de nutrientes pelo grão, pode-se estabelecer a seguinte ordem decrescente: $N \gg P > K > Mg$

> S ≈ Cl > Ca > Fe > Mn ≈ Zn > Cu ≈ B. Trabalho idêntico, desenvolvido por MALAVOLTA et alii (58), encontrou a mesma sequência das exigências nutricionais para a cultivar IAC-25 e quanto à exportação de nutrientes para o grão, essa mesma concordância não foi seguida.

Em estudo sobre a marcha de absorção de nutrientes na variiedade do arroz de sequeiro, IAC-25, MALAVOLTA et alii (54) e MALAVOLTA et alii (56), encontraram maiores teores de nitrogênio na folha, de fósforo na raiz, de potássio no colmo, de cálcio nas folhas, de magnésio na folha, de enxofre no colmo, de boro nas folhas, de cobre nas raízes, de ferro nas raízes, de mangânês nas folhas e de zinco no colmo e raízes, aos 112 dias e 110 dias, respectivamente para macro e micronutrientes.

GARGANTINI & BLANCO (33) e MALAVOLTA et alii (57) encontraram que, dos nutrientes absorvidos, o nitrogênio e o potássio o foram em maiores quantidades, enquanto o fósforo se mostrou da maior importância para a formação dos grãos, contribuindo com 63% da quantidade total dos elementos encontrados nos grãos, GARGANTINI & BLANCO (33).

Na fisiologia vegetal, o potássio é o cátion mais importante, não apenas com respeito ao seu conteúdo nos tecidos vegetais, mas também com suas funções biológicas e bioquímicas, MENGEL & KIRKBY (62). Uma vez presente na planta, o potássio tem papel fundamental na fotossíntese, aqui entendida conforme a terminologia moderna, como a transformação de energia luminosa em energia química (ATP e NADPH), BRAGA & YAMADA (10). Portanto, esse

processo básico do metabolismo energético é, em grande parte, controlado pelo nível do potássio na planta, BERINGER & NOTHDURFT (7) e MENGEL & KIRKBY (61).

As plantas deficientes em potássio mostram menores taxas de fotossíntese líquida, translocação e maiores taxas de respiração no escuro, HUBER (41). Com isso, há uma diminuição do potencial de turgescência do tecido, pois, a quantidade de água armazenada depende largamente do suprimento celular do potássio, MALAVOLTA (52).

Para SANTOS (70), esta relação entre a utilização de potássio pela planta e os fenômenos da fotossíntese e resistência à seca tem sido observada em vários experimentos e apresenta maior interesse prático. Em presença de uma conveniente nutrição potássica, as células, em consequência da elevada capacidade de hidratação do potássio, ficam mais túrgidas e perdem menos água por transpiração. Além de que, plantas bem nutridas de potássio usam a água melhor que as deficientes. A quantidade de água necessária para produzir 1 unidade de matéria seca, dentro de limites, é tanto menor quanto maior o suprimento de potássio, MALAVOLTA (51). Para BLACK (8) esta melhor utilização de água pelas plantas está relacionada no sentido de que o potássio atua nas relações hídricas das plantas, conferindo às mesmas um efeito positivo sobre a economia hídrica, HOFNER (39), principalmente pela regulação osmótica dentro da célula.

OBERMUELLER & MIKKELSEN (66) encontraram maiores concentrações de potássio na palha de plantas que tiveram níveis mais baixos de água. HALM (36) obteve teores de potássio mais altos nos regimes mais secos, porém sob o regime de saturado para submerso, houve uma diminuição não significativa no teor de potássio nos tecidos. Observou ainda que a absorção total de potássio foi maior no nível mais seco.

Trabalhando com vários períodos de irrigação SCALCO (71) verificou maiores quantidades de potássio absorvidas no intervalo zero para todos os níveis de umidade; portanto os períodos de déficit hídrico não favoreceram a absorção de potássio. LOPES (47) verificou que, as plantas sob déficit hídrico apresentaram maiores teores foliares de potássio que as das plantas-controle.

A absorção e distribuição dos nutrientes nas plantas variam de acordo com o nutriente considerado, com a intensidade do estresse hídrico e, em menor grau, com a cultivar, obtendo, de maneira geral, maiores quantidades relativas de potássio nas folhas com a deficiência hídrica, STONE (78).

O efeito da adubação potássica sobre a altura das plantas foi praticamente o mesmo com e sem estresse hídrico. Enquanto que, o peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular das plantas, não foram influenciado pela adubação potássica, sob déficit hídrico, LOPEZ (47).

Quando o conteúdo de água no solo é estressante, o incremento na adubação não resultou em um efeito significativo do adubo sobre a produção de grãos, pois o aumento de área foliar, que

seria causado pelo adubo, provocou uma deficiência hídrica mais se vera em relação à testemunha, CAMPELO JR. (13). O fato é que, quando se aumenta a área foliar, devido ao incremento da adubação, SIL VA & STUTTE (73) e STONE & STEINMETZ (85), ocorre um aumento na transpiração, acarretando um maior consumo de água pelas plantas, BRUNINI et alii (11) e CAMPELO JR. (13).

ALVARENGA (1) evidenciou que o volume de água absorvida e a transpirada por grama de matéria fresca, aumentaram na cultivar IAC-47 com o incremento de potássio. DEL GIUDICE (21) estudando três regimes de irrigação (submersão contínua, irrigação intermite nte e condições de sequeiro) sobre a variedade do arroz de se queiro IAC-1246, encontrou um acúmulo de 25%, 14% e 51%, respectiv amente aos 75 dias, do peso total de potássio acumulado por área no final do ciclo, confirmando os dados obtidos por outros auto res.

Plantas deficientes em potássio, no entanto, apresentaram uma baixa produção de matéria seca da raiz, da parte aérea e de grãos, bem como a altura das plantas e área foliar, MALAVOLTA et alii (55). FORNASIERI FILHO (29) também encontrou reduções na pro dução de matéria seca nas diversas partes da planta, redução na altura, no peso de 100 sementes e na produção de grãos em casca.

A interação do potássio com outros íons auxilia na compreen são do conceito de balanço nutricional, USHERWOOD (87). A adi ção de doses crescentes de potássio estão, normalmente, relacionada s com um aumento nos teores de potássio nas folhas e com uma di minuição nos teores foliares de nitrogênio, FORNASIERI FILHO (29).

Sobre os teores de cálcio e magnésio houve um efeito sinérgico e antagônico. Em baixos níveis de potássio, houve um aumento na absorção de cálcio, mas, à medida que aumentou o conteúdo de potássio, ocorreu uma redução na absorção do cálcio. Entretanto, para a absorção do potássio, há a necessidade de concentrações adequadas de cálcio, em virtude deste cátion regular a estrutura e o funcionamento das membranas, MALAVOLTA (49).

2.3. Cultivares

A análise do comportamento varietal diante de uma disponibilidade de água abundante ou restrita, com referência ao desenvolvimento radicular, absorção de nutrientes minerais, maior resistência à seca, poderá contribuir para estabelecer correlações que permitem seleções de novas variedades de arroz com maior potencial de produção de grãos, observadas as condições restritas de disponibilidade de água, DEL GIUDICE (21). A deficiência hídrica afeta todas as plantas, entretanto, o grau de prejuízo pode variar entre espécies e entre cultivares de uma mesma espécie, visto que, em função de sua carga genética, são capazes de se ajustarem diferencialmente em situações de falta de água, LUCHIARI JR. et alii (48).

CUTLER et alii (19) estudando a influência do déficit hídrico e ajustamento osmótico sobre a alongação foliar em arroz, concluíram que, embora a sensibilidade da expansão foliar aos déficits hídricos fosse semelhante entre as variedades estudadas, esta resposta proporciona uma base sensível para classificação, pois

a incidência do estresse proporciona um meio rápido para seleção de resistência à seca, para comparações entre variedades. O'TOOLE & CRUZ (67) mostraram que as cultivares do arroz de sequeiro mantiveram o potencial hídrico das folhas mais alto do que as cultivares do arroz irrigado, obtendo assim, diferenças no tempo para ocorrer o déficit hídrico. Essa diferença é atribuída principalmente a uma melhor absorção de água na cultivar de sequeiro, demonstrada pela manutenção do seu potencial hídrico.

MANBANI & LAL (59), estudando a resposta da variedade do arroz de sequeiro ao estresse hídrico, encontraram diferenças no comportamento entre o potencial de água da folha e desenvolvimento radicular. Entre as variedades IB-6; IR-15 29-680-3 e IET-1444, a variedade IB-6 apresentou superioridade em relação às demais sob déficit hídrico. Os autores sustentam a conclusão de que as mudanças no potencial hídrico das folhas, com o tempo, podem ser usadas para selecionar cultivares de arroz para escape da seca.

Estudo de balanço hídrico em condições de campo para as cultivares IAC-1246 e IR-665, sob duas densidades de plantio, 0,30 e 0,60 m entre-linha, mostrou que a 'IR-665' apresentou maior consumo de água em relação à 'IAC-1246' nos dois espaçamentos considerados e, por outro lado, o espaçamento que proporcionou maior consumo de água, dentro de cada cultivar, foi o de 0,30 m entre-linhas; além da cultivar IR-665 apresentar um maior índice de área foliar e evapotranspiração real, BRUNINI et alii (11). Porém, STONE & STEINMETZ (85), comparando as duas cultivares CICA-4 e IAC-47, observaram que a cultivar CICA-4 apresentou um maior

índice de área foliar, com maiores produções, quando o conteúdo de água no solo não foi limitante; porém, em condições de deficiência hídrica, a cultivar IAC-47, que apresentou um menor índice de área foliar, teve uma maior produção, por ser menos sensível aos efeitos da seca.

Em outro estudo desenvolvido com as cultivares IAC-1246, IAC-47 e CICA-4, com o objetivo de determinar a influência da deficiência hídrica na resposta dessas cultivares à adubação nitrogenada STONE et alii (83), concluíram que, em pouca disponibilidade de água, a produção de grãos, número de grãos cheios por panícula e peso de 100 grãos da cultivar CICA-4 foi menor do que as das IAC-1246 e IAC-47.

ENYI (24) em um estudo entre cultivares do arroz de sequeiro e irrigado, obteve maior produção para a cultivar de sequeiro em baixo teor de umidade. STONE (79), constatou que, em condições de deficiência hídrica, que a cultivar do arroz irrigado IET-1444 foi mais sensível do que as cultivares do arroz de sequeiro, IAC-47 e IRAT-13, apresentando menor rendimento de matéria seca das raízes, e a cultivar IRAT-13, sob deficiência hídrica, apresentou maior estabilidade de produção, maior índice de colheita e maior relação raiz/colmo do que as outras cultivares, indicando maior adaptação ao estresse hídrico. Para a altura de plantas, a cultivar IAC-47 foi a mais sensível ao estresse hídrico, pois esta diminuiu significativamente com a redução da lâmina de água.

ALVARENGA (1), estudando as respostas morfológicas do arroz de sequeiro, 'IAC-47', e o irrigado, 'CICA-4', com relação ao potássio em solução nutritiva, obteve um aumento de matéria seca da parte aérea para a cultivar CICA-4, com o incremento de potássio até o nível de 302 ppm de potássio. Já para a cultivar de sequeiro IAC-47, o aumento de matéria seca ocorreu até o nível de 102 ppm de potássio e, até o nível de 302 ppm de potássio permaneceu constante. A matéria seca do sistema radicular aumentou até o nível de 202 ppm de potássio, dos 202 aos 302 ppm de potássio permaneceu constante para as duas cultivares. Para o teor de potássio na matéria seca da parte aérea e sistema radicular, estas aumentaram até o nível de 202 ppm e 102 ppm de potássio, respectivamente, a partir daí permaneceram constantes até o nível de 302 ppm de potássio para as duas cultivares do arroz.

A absorção de nutrientes pelas cultivares IET-1444, IRAT-13 e IAC-47 apresentou diferença significativa. Em termos de quantidade de K absorvido, as cultivares IAC-47 e IET-1444 foram superiores à cultivar IRAT-13, STONE (78).

Estudando a variabilidade entre linhagens de arroz na absorção e utilização de potássio em solução nutritiva, FURLANI et alii (30), em um primeiro experimento, com 5 cultivares de sequeiro e 5 níveis de K, até aos 50 dias de idade, observaram diferenças entre os genótipos, quanto à produção de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total no nível mais baixo (30 mg/litro) de K, indicando que algumas cultivares conseguiram desenvolver-se melhor que outras nesse nível, embora as plantas não di

ferissem entre si quanto ao conteúdo total de K. Acima dos níveis de 60 mg/litro de K as plantas não apresentaram respostas, porém, observou-se um acúmulo de K nas raízes em relação à parte aérea nesse nível mais alto. Em um segundo experimento com 42 linhagens do arroz de sequeiro no nível de 30 mg/litro de K, observaram variações na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, porém, esta variação do genótipo foi mais acentuada na produção de matéria seca das raízes, resultando em nove linhagens que foram classificadas como ineficientes, onze como eficientes e vinte e duas como medianamente eficientes, de acordo com o peso total de matéria seca. BRAGA & YAMADA (10) citam que as plantas diferem nas suas exigências de K devido às diferenças nas funções fisiológicas, nas quais, este nutriente está envolvido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização geral

O ensaio foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Agricultura, da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, em Lavras, estado de Minas Gerais. As coordenadas geográficas do local são: Latitude 21°14', longitude 45°00' oeste e altitude de 900 metros.

O solo utilizado foi coletado na camada superficial de 0-20 cm no município de Itutinga-MG e classificado como Cambissolo, Curi, N.*

As análises químicas e físicas das características do solo apresentaram resultados que se encontraram no Quadro 1.

As cultivares de arroz (Oryza sativa L.) empregadas foram a IAC-25 de ciclo precoce e a Rio Paranaíba de ciclo médio, ambas cultivares do arroz de sequeiro. Algumas características mais importantes destas cultivares são apresentadas no Quadro 2. Antes da semeadura, as sementes foram desinfectadas com uma solução de hi

* Curi, N. Informação pessoal

QUADRO 1. Resultados das análises química, física e classificação textural da amostra do solo. Itutinga-MG. 1985 ^{1/}.

Características químicas	Teores	Interpretações ^{2/}
pH	5,4	Acidez média
Al ⁺⁺⁺ (mE/100 cm ³)	0,5	Médio
H + Al ⁺⁺⁺ (mE/100 cm ³)	2,6	
T (mE/100 cm ³)	0,73	Baixo
V (%)	31,5	Baixo
Ca ⁺⁺ (mE/100 cm ³)	0,2	Baixo
Mg ⁺⁺ (mE/100 cm ³)	0,0	Baixo
K ⁺ (ppm)	12	Baixo
P (ppm)	1	Baixo
Zn (ppm)	0,55	
Cu (ppm)	0,50	
Fe (ppm)	85,3	
Mn (ppm)	2,70	
Matéria orgânica	0,74	Baixo
Areia (%)	75,6	
Limo (%)	13,1	
Argila (%)	11,3	
Ds (g.cm ⁻³)	1,43	
Dp (g.cm ⁻³)	2,70	
C (%)	0,43	
Classificação Textural ^{3/}		Franco argiloso

^{1/} Análises realizadas pelo Laboratório "John Wellock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL, Lavras-MG.

^{2/} Segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (16)

^{3/} Segundo a SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (74).

poclorito de sódio a 1%, durante 15 minutos e imediatamente enxaguadas por seis vezes com água destilada.

As parcelas do experimento foram constituídas de vasos plásticos, com capacidade para 6,0 litros. Este solo foi homogeneizado e depois peneirado em peneira de malha de 4 mm.

Foram feitas pesagens diárias, de acordo com o peso do vaso vazio, peso do vaso mais solo e peso da água destilada necessária para ocupar 50 a 70% do VTP (Volume Total de Poros).

O delineamento experimental constituiu de um fatorial 4 x 4 x 2 em blocos casualizados, com 3 repetições, perfazendo um total de 96 parcelas. Os fatores estudados foram o potássio, época de veranico e cultivares. Os níveis de potássio foram 0,0 ppm, 22,5 ppm, 45,0 ppm e 90,0 ppm de K_2O . As épocas de veranico em 3 estádios de desenvolvimento: sem estresse hídrico, no início da diferenciação do primórdio floral, no emborrachamento (próximo à floração) e no enchimento de grãos. As cultivares foram IAC-25 e Rio Paranaíba (Quadro 2).

As doses de potássio foram obtidas, empregando-se 0,0; 0,2709; 0,5418 e 1,0836 g de cloreto de potássio por vaso, na época da semeadura. O veranico foi simulado pela supressão da irrigação, por um período de 10 dias, aos 30, 65 e 91 dias após a germinação, no início da diferenciação do primórdio floral, no emborrachamento e enchimento de grãos, respectivamente, para as duas cultivares.

QUADRO 2. Características agronômicas das cultivares de arroz IAC-25 e Rio Paranaíba.

Características	IAC-25	Rio Paranaíba
Ciclo	110-120 dias	130-135 dias
Altura de plantas (média)	110 cm	124 cm
Perfilhamento	Regular	Regular
Comprimento de panícula	+ ou - 20 cm	+ ou - 24 cm
Peso de 100 sementes	3,12 gramas	3,56 gramas
Resistência à seca	Moderada	Moderada
Resistência ao acamamento	Moderada	Moderada
Resistência à Brusone	Susceptível	Moderada a susceptível

As adubações e correções do solo foram feitas segundo a análise e as recomendações da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (16). Com antecedência de noventa dias, realizou-se a calagem, com calcário dolomítico. Na semeadura, aplicou-se, ainda, 0,350 g de sulfato de amônio e 1,170 g de superfosfato simples, em cada vaso. Também foram efetuadas duas adubações de cobertura, metade aos 24 dias e outra metade aos 50 dias após a germinação, correspondente a 0,70 g de sulfato de amônio, em cada vaso. Aos doze dias após a germinação, o solo foi adubado com uma solução nutritiva de micronutrientes, correspondente a 10,0mg de ácido bórico, 20,63 mg de sulfato de cobre, 77,0 mg de sulfato de zinco e 0,525 mg de trióxido de molibdênio por vaso.

A semeadura foi efetuada em dezembro de 1985, colocando-se vinte e cinco sementes por vaso a 4 cm de profundidade. Dez dias após a germinação procedeu-se o primeiro desbaste, deixando-se vinte plantas por vaso. Aos 30 dias após a germinação procedeu-se o segundo desbaste. Colheram quinze plantas por vaso, para diagnose foliar, restando apenas 5 plantas por vaso, até a colheita do arroz.

O ensaio foi mantido livre de plantas daninhas, pragas e doenças.

A colheita foi realizada em duas etapas distintas, 18 de abril de 1986 e 03 de maio de 1986, para a 'IAC-25' e 'Rio Paraíba', respectivamente, quando as panículas apresentavam 2/3 superiores maduros.

3.2. Parâmetros utilizados na comparação dos tratamentos

3.2.1. Altura das plantas

A altura das plantas foi medida na ocasião da colheita, em cm, do nível do solo até a extremidade de cada panícula e tirada a média.

3.2.2. Produção

- Número de grãos cheios por vaso, obtido pela contagem de todos os grãos cheios por vaso;

- produção de grãos (g/vaso), obtida pela pesagem dos grãos cheios a 13% umidade;

- peso médio de 100 grãos (g), obtido dividindo-se o peso dos grãos cheios pelo número de grãos cheios e multiplicando-se por 100, em cada vaso.

3.2.3. Peso de matéria seca

- Total (g/vaso), compreendendo a parte aérea total mais raízes;

- parte aérea total (g/vaso), compreendendo colmos, folhas, ráquis e grãos cheios;

- parte aérea (g/vaso), compreendendo colmos, folhas e ráquis;

- raiz (g/vaso).

3.2.4. Índice de colheita e relação parte aérea total/raiz

- Índice de colheita, obtido dividindo-se o peso da matéria seca dos grãos cheios de cada vaso pelo respectivo peso da matéria seca da parte aérea;

- relação parte aérea total/raiz, obtida pela razão entre a matéria seca dos colmos, folhas, ráquis e grãos cheios e o das raízes.

3.2.5. Extração e exportação de nutrientes

- Extração de macronutrientes e micronutrientes pela planta toda;

- exportação de macronutrientes e micronutrientes pelo grão.

3.3. Análise estatística

Todas as características estudadas tiveram seus dados submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 1 e 5% de probabilidade.

Determinaram-se coeficientes de determinação para as características de maior interesse.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Altura das plantas

O Quadro 3 mostra o resumo da análise de variância para a altura das plantas. Nota-se que houve influência dos três fatores estudados: deficiência hídrica, dose de potássio e cultivares ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, as interações entre os fatores estudados foram significativas para as combinações deficiência hídrica x dose de potássio e deficiência hídrica x cultivares.

O desdobramento da interação da dose de potássio para cada período em que as plantas sofreram deficiência e o desdobramento da interação da deficiência hídrica para cada cultivar estão apresentados também no Quadro 3, mostrando, que a dose de potássio só não foi significativa para as plantas que sofreram o estresse hídrico no florescimento. As cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba sofreram efeito do estresse hídrico.

Os resultados médios da altura das plantas estão mostrados no Quadro 4A e 4B, para as interações dose de potássio x deficiência e, deficiência hídrica x cultivares, respectivamente.

QUADRO 3. Resumo do quadro de análise de variância para a altura das plantas, produção de grãos, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Fatores de variação	G.L.	Quadrados médios			
		Altura (cm)	Produção de grãos ^{1/} (g/vaso)	Número de grãos cheios por vaso ^{2/}	Peso de 100 grãos (g)
Déficit hídrico (DH)	3	7616,75 **	431,51 **	797,08 **	22,86 **
Doses de potássio (DP)	3	1420,34 **	58,37 **	37,10 **	0,44 ns
Cultivares (CU)	1	178,76 *	13,75 **	0,72 ns	0,04 ns
DH x DP	9	336,47 **	27,59 **	34,96 **	1,60 **
DH x CU	3	209,43 **	6,10 **	16,47 *	4,82 **
DP x CU	3	62,44 ns	3,08 ns	1,58 ns	0,54 ns
DH x DP x CU	9	40,66	0,94 ns	4,01 ns	0,11 ns
Erro	62	43,41	1,45	4,03	0,30
DP dentro de DH					
sem déficit	3	836,56 **	77,12 **	52,16 **	0,70 ns
déficit no perfilhamento	3	913,89 **	59,50 **	45,19 **	0,60 ns
déficit no florescimento	3	159,32 ns	3,79 ns	40,43 **	3,44 **
déficit no enchimento de grãos	3	519,97 **	0,72 ns	4,21 ns	0,48 ns
DH dentro CU					
IAC-25	3	3909,96 **	175,10 **	298,53 **	8,34 **
Rio Paranaíba	3	3916,22 **	262,51 **	515,02 **	19,34 **
C.V. (%)		9,22	23,83	17,73	21,71

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns não significativo

^{1/} produção a 13% de umidade

^{2/} valores transformados para $\sqrt{x + 1,0}$

Observa-se, através do Quadro 4A, que o aumento da dose de potássio aumentou a altura das plantas até a dose de 22,5 ppm; a partir daí permaneceu constante até a dose de 90,0 ppm; isto foi verificado para as plantas que não sofreram deficiência hídrica, as que sofreram essa deficiência no perfilhamento e no enchimento de grãos, este efeito pode ser melhor visualizado na Figura 1. Pode-se notar ainda que o déficit hídrico causou maior influência no florescimento, não apresentando efeito na altura das plantas nas diferentes doses de potássio.

Estes resultados estão de acordo com os pesquisadores 13, 17, 37 e 80, que encontraram um maior efeito da deficiência sobre a altura das plantas no estágio de florescimento. Para CAMPELO JR. (13), o crescimento da planta é controlado pela sua turgidez e pelo seu balanço hídrico; com isso, o déficit hídrico reduz o alongamento foliar, CUTLER et alii (19), devido à redução da expansão celular, reduzindo conseqüentemente o crescimento da planta, HSIAO & ACEVEDO (40).

O efeito das doses de potássio sobre as plantas, que sofreram deficiência hídrica no perfilhamento e no enchimento de grãos, apresentou resultados semelhantes ao da testemunha (sem estrese). Estes resultados estão de acordo com 29, 47 e 55, que encontraram plantas mais altas, quando bem supridas de potássio. Isto foi verificado, também, por FERRAZ (28) e LUCHIARI JR. et alii (48), pois as plantas que sofreram deficiência hídrica na fase de crescimento vegetativo (perfilhamento), restabeleceram o equilí - brio hídrico, se recuperaram e continuaram a crescer normalmente.

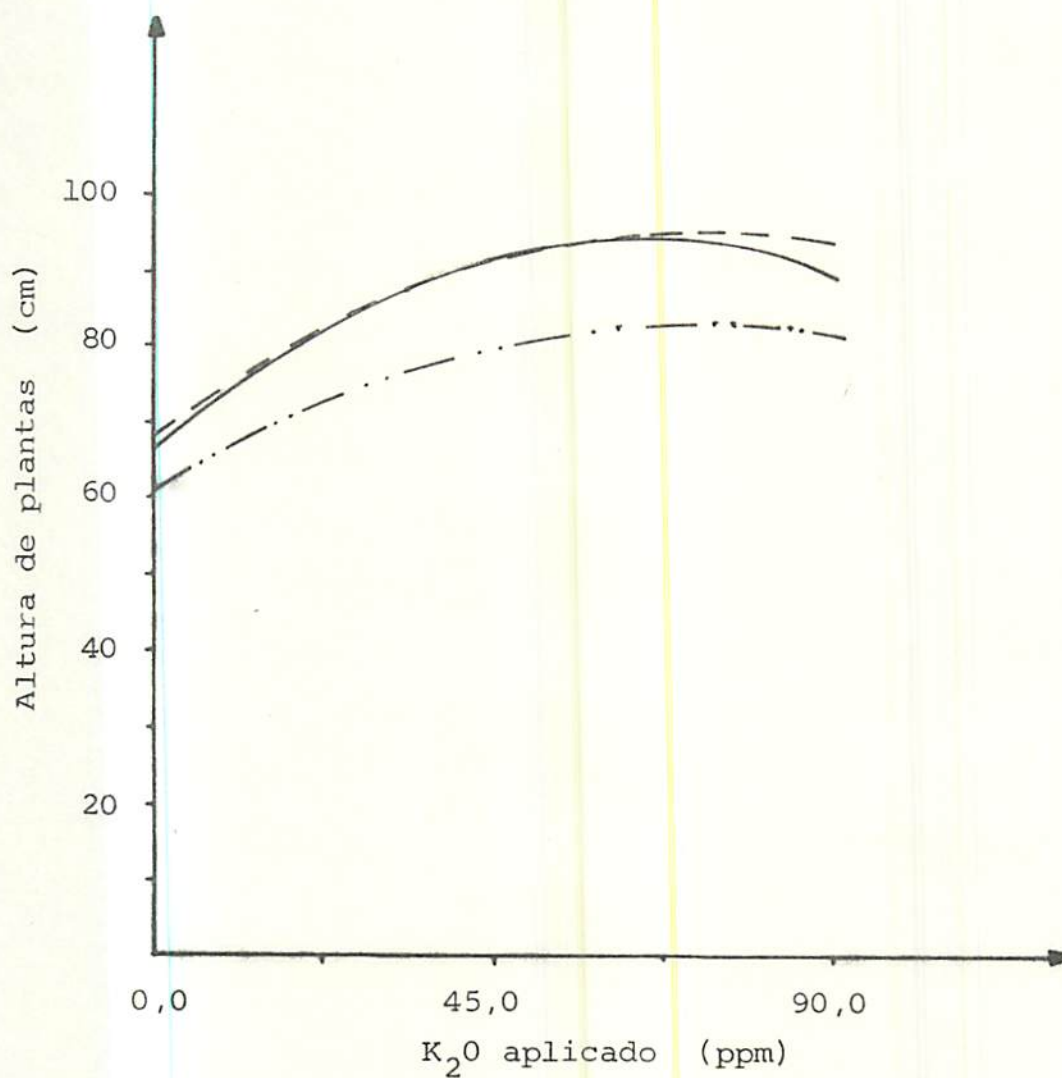
QUADRO 4A. Resultados médios da altura das plantas, em cm, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Dose de potássio ppm	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Estresse no perfilhamento	Estresse no florescimento	Estresse no enchimento de grãos
0**	64,6 b	66,4 b	49,0 a	60,7 b
22,5	86,5 a	87,6 a	50,8 a	76,0 a
45,0	87,9 a	86,7 a	40,5 a	77,0 a
90,0	89,8 a	95,2 a	41,7 a	82,4 a

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

** Teor natural de potássio do solo

—	SE	$\hat{Y}=66,259+0,8542X-0,00666X^2$	$R^2=0,92$
- - -	DP	$\hat{Y}=68,458+0,7054X-0,00462X^2$	$R^2=0,88$
· · ·	DE	$\hat{Y}=61,987+0,5561X-0,00371X^2$	$R^2=0,93$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 1. Altura de plantas, obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG.1986

No entanto, para o estágio de enchimento de grãos, o déficit não teve efeito pelo fato da planta já ter atingido seu pleno desenvolvimento.

No Quadro 4B, os resultados das alturas médias das plantas das duas cultivares do arroz de sequeiro, se mostraram um pouco divergentes.

A 'IAC-25' apresentou maior altura média nas plantas que não sofreram deficiência hídrica, nas que sofreram deficiência hídrica no perfilhamento e no enchimento de grãos. Somente as plantas que sofreram deficiência no florescimento foram as mais afetadas, apresentando menores alturas médias.

A 'Rio Paranaíba' apresentou maior altura nas plantas que não sofreram deficiência hídrica e naquelas que sofreram deficiência hídrica no perfilhamento. O período mais severo da deficiência hídrica foi no florescimento, apresentando as menores alturas médias das plantas; no estágio de enchimento de grãos, o efeito foi intermediário.

Entre as cultivares, resultados idênticos foram encontrados entre os vários autores citados anteriormente, porém, vale ressaltar que, esta pequena variação entre as cultivares no enchimento de grão se deve provavelmente ao diferente ciclo que apresentam, Quadro 2, pois a cultivar Rio Paranaíba apresenta um ciclo mais longo e portanto um período de crescimento bem maior, consequentemente, demora mais tempo para atingir seu pleno desenvolvimento. O fato da cultivar IAC-25 ter sido superior à Rio Paranaíba

QUADRO 4B. Resultados médios da altura das plantas, em cm, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro, no ensaio. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Estresse no perfilhamento	Estresse no florescimento	Estresse no enchimento de grãos
IAC-25	82,6 a A	83,0 a A	45,8 b A	79,7 a A
Rio Paranaíba	81,8 a A	84,9 a A	45,2 c A	68,3 b B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

ba, por apresentar o ciclo menor está diretamente relacionado com o mecanismo de resistência que, para CAMPELO JR. (13), é um mecanismo de escape ao déficit hídrico.

4.2. Produção de grão, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos

Verifica-se pelo Quadro 3, que houve significância sobre a interação deficiência hídrica x dose de potássio e deficiência hídrica x cultivares, para a produção de grãos, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos.

A produção de grãos, Quadro 3, obteve resultado significativo somente naquelas plantas que não sofreram deficiência hídrica e deficiência hídrica no perfilhamento. As plantas que sofreram de deficiência hídrica no florescimento e enchimento de grãos, não obtiveram aumento na produção de grãos, mesmo nas doses mais altas de potássio.

Para o número de grãos cheios por vaso, Quadro 3, esse mesmo resultado foi verificado, porém, obteve significância também no estágio de florescimento; não sendo significativo, no entanto, para o estágio de enchimento de grãos.

Com relação ao peso de 100 grãos, não houve significância com o aumento crescente das doses de potássio, nos estádios que não sofreram deficiência hídrica, nos que sofreram estresse hídrico no perfilhamento e enchimento de grãos; obtendo apenas resultado significativo no estágio de florescimento.

Nos Quadros 5A, 6A e 7A, estão apresentados os resultados médios da produção de grãos, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos, respectivamente, para a interação dose de potássio x deficiência hídrica.

Observam-se no Quadro 5A, os resultados médios da produção de grãos, que foram maiores para as doses mais altas de potássio e menores para as doses mais baixas, nas plantas que não sofreram deficiência hídrica e naquelas que sofreram no perfilhamento. Esses resultados estão de acordo com MALAVOLTA et alii (55), que obtiveram baixas produções em plantas deficientes de potássio, devido às menores taxas fotossintéticas, translocação e maiores taxas de respiração no escuro, HUBER (41), mesmo para as plantas que sofreram deficiência hídrica no perfilhamento, FERRAZ (28) e LUCHIARI JR. et alii (48).

Para as plantas que sofreram deficiência hídrica no florescimento e enchimento de grãos, a produção de grãos não aumentou com o aumento da dose de potássio, esta permaneceu baixa e tendeu até a decair. Este déficit hídrico no florescimento, segundo HERNANDEZ (38) e JONES (42) é a fase mais crítica do arroz, concordando com os resultados aqui obtidos, pois mesmo com as aplicações crescentes de potássio não se obteve aumento na produção de grãos. Segundo 2, 14, 18, 21, 24, 26, 59, 60 e 79 os mesmos resultados foram encontrados. A produção de grãos baixa, em função do déficit hídrico ocorrido no enchimento de grãos, já é relatada por outros pesquisadores; STONE et alii (84) mostraram que o período crítico do arroz pode estender até a fase leitosa de enchi

QUADRO 5A. Produção média de grãos^{1/}, g/vaso, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Doses de potássio ppm	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Estresse no perfilhamento	Estresse no florescimento	Estresse no enchimento de grãos
0**	3,98 c	3,72 c	1,62 a	1,96 a
22,5	10,09 b	8,85 b	1,28 a	2,30 a
45,0	10,79 ab	8,69 b	0,10 a	1,65 a
90,0	12,03 a	11,21 a	0,08 a	2,42 a

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

** Teor natural de potássio do solo

^{1/} Produção a 13% de umidade

mento dos grãos, reduzindo a produção.

Estes resultados obtidos podem ser melhor visualizados pela Figura 2.

O Quadro 6A e a Figura 3 mostram a média do número de grãos cheios, obtidos pela interação dose de potássio x deficiência hídrica.

Verificou-se que o aumento da dose de potássio aumentou o número de grãos cheios para as plantas que sofreram deficiência hídrica no perfilhamento e para as testemunhas (sem estresse), porém, a partir de 22,5 ppm de potássio, esse permaneceu constante. Estes resultados estão de acordo com FERRAZ (28) e LUCHIARI JR. et alii (48), de que plantas que sofrem deficiência neste estágio não são afetadas no número de grãos cheios, verificando-se a diferença ocorrida entre as doses de potássio.

Para as plantas que sofreram o déficit no florescimento, os níveis de potássio mais altos, 45,0 e 90,0 ppm de K_2O , foram os mais prejudiciais. Este resultado ocorrido, segundo LUCHIARI JR. et alii (48) é esperado, devido à quantidade de água nos vasos ser limitante e as plantas que receberam maiores doses de potássio, absorvem e transpiram maiores quantidades de água, ALVARENGA (1), sofrendo com isso, um estresse de água mais severo, não permitindo a sua recuperação após este período, reduzindo drasticamente o número de grãos cheios por vaso, mesmo com níveis altos de potássio.

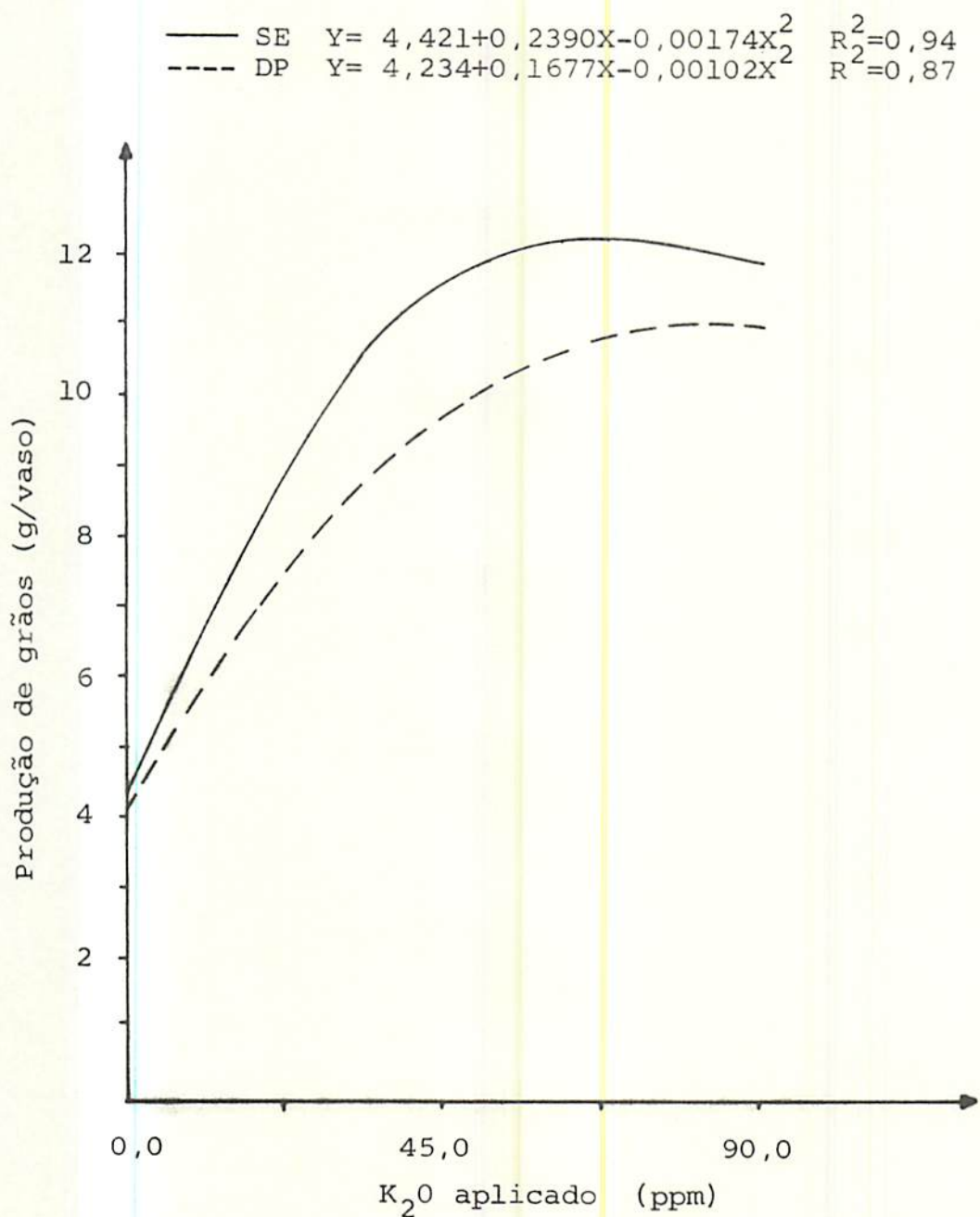
QUADRO 6A. Resultados médios do número de grãos cheios $\frac{1}{\sqrt{x}}$, por vaso, obtidos pela interação dose de potássio x deficiência hídrica, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Doses de potássio ppm	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
0**	11,91 b	11,66 b	6,53 a	8,40 a
22,5	17,11 a	16,61 a	5,97 a	9,85 a
45,0	17,49 a	16,17 a	1,94 b	9,12 a
90,0	18,48 a	17,99 a	1,62 b	10,31 a

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

** Teor natural de potássio do solo

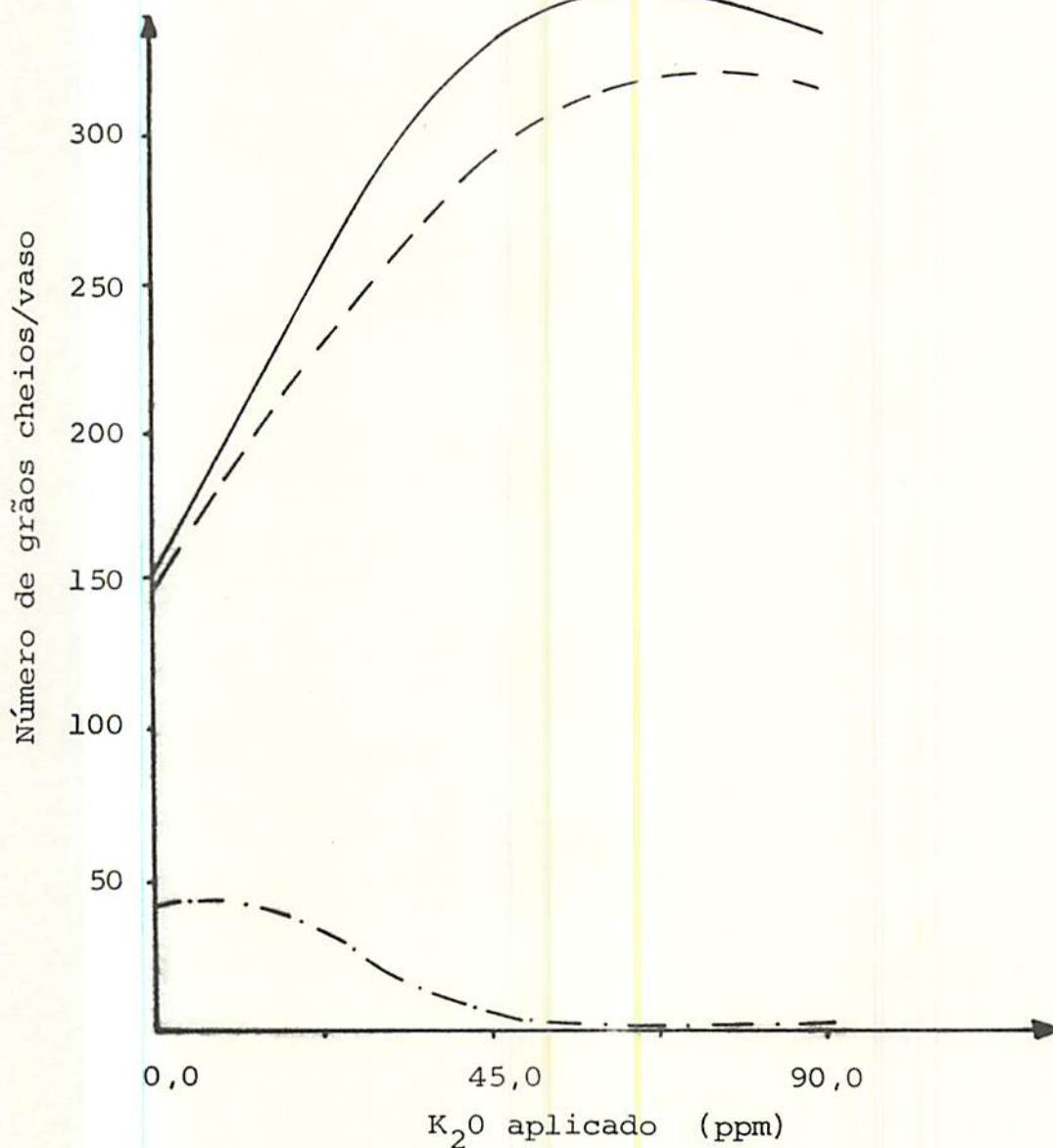
$\frac{1}{\sqrt{x}}$ Dados transformados para $\sqrt{x + 10}$



SE= sem estresse; DP= déficit no perfilhamento

FIGURA 2. Produção de grãos, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG.1986

$$\begin{array}{ll}
 \text{---} & \text{SE } \hat{Y} = 12,310 + 0,1988X - 0,00146X^2 \quad R^2 = 0,92 \\
 \text{---} & \text{DP } \hat{Y} = 12,173 + 0,1606X - 0,00109X^2 \quad R^2 = 0,86 \\
 \text{-.-} & \text{DF } \hat{Y} = 6,53 + 0,120X - 0,0079X^2 + 0,00007X^3 \quad R^2 = 0,99
 \end{array}$$



SE= sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento

FIGURA 3. Número de grãos cheios, por vaso, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

No estágio de enchimento de grãos, o número de grãos cheios por vaso permaneceu constante, mesmo com o aumento das doses de potássio; este resultado também se deve ao fato da maior necessidade de água para a translocação de fotoassimilados para os grãos, onde as plantas que receberam maiores doses de potássio, necessitam de maiores quantidades de água; porém, o efeito do potássio, atuando na economia hídrica, poderia aqui ter ocorrido pelo fato de ter mantido o número de grãos cheios por vaso, não deixando o mesmo ser menor, que segundo HOFNER (39), confere às plantas um efeito positivo na economia hídrica das plantas.

De acordo com o Quadro 7A e a Figura 4, podemos observar o desdobramento da interação dose de potássio x deficiência hídrica para o peso de 100 grãos.

Verifica-se que as plantas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento e no enchimento de grãos se mostraram semelhantes às plantas que não sofreram déficit hídrico, isto é, mesmo com o aumento da dose de potássio, o peso dos grãos permaneceu constante, não havendo, entretanto, aumento do peso dos grãos com as doses maiores de potássio, apesar de ter havido uma tendência para este aumento. Somente aquelas plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento apresentaram maiores pesos médios de 100 grãos para as doses mais baixas de potássio.

Por outro lado, verificando-se o Quadro 7A, podemos notar de modo geral, para as quatro doses de potássio, o peso médio dos 100 grãos, ser maior no estágio de perfilhamento e para as plan-

tas sem estresse, decaindo para o estágio de enchimento de grãos e o estágio de florescimento. Estes menores pesos médios dos 100 grãos foram encontrados também por 12, 13, 17, 34, 37 e 80, devido a uma menor difusão dos fotossintatos para os grãos, FERRAZ (28) e KRAMER (45).

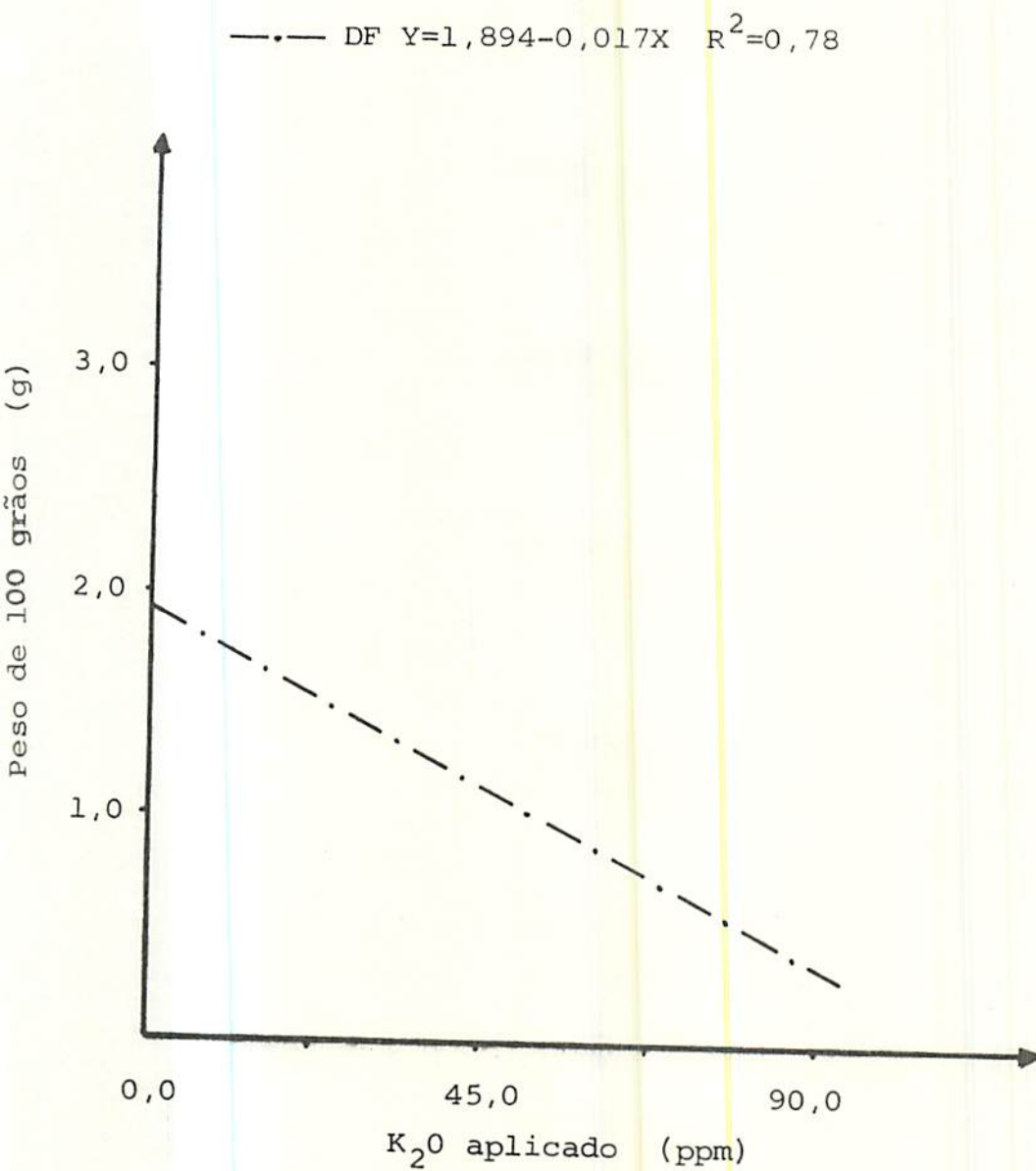
Podemos verificar ainda, nos níveis mais altos de potássio, que o mesmo não teve efeito positivo sobre as plantas que sofreram o déficit hídrico e muitas vezes, até um efeito negativo, isto é explicado, considerando-se, primeiramente, que o período de déficit aplicado sobre os tratamentos, de dez dias, foi muito severo, pois, as plantas que receberam maiores doses, se desenvolveram mais. No estágio de florescimento e enchimento de grãos as plantas necessitam de maiores quantidades de água para suas funções vitais; e nos vasos, a água era limitante, portanto, esse período de dez dias se tornou estressante e muitas plantas entraram em ponto de murcha permanente, não conseguindo se recuperar após esse período. Com isso, aquelas plantas que apresentaram menores desenvolvimentos se beneficiaram mais, mostrando-se muitas vezes superiores. STEINMETZ et alii (76) em um estudo no campo sobre deficiência hídrica, encontraram que, em apenas 20 dias de déficit hídrico, seria suficiente para reduzir a produção de 58 a 94%, o que equivaleu aos 10 dias em casa de vegetação neste experimento. Por outro lado, esse estresse abrupto sobre as plantas, CAMPELO JR. (13), agrava os efeitos da deficiência hídrica em comparação com os resultados de campo, não permitindo que as plantas acionem seus mecanismos de resistência à seca.

QUADRO 7A. Resultados médios do peso de 100 grãos, em gramas, obtidos da interação dose de potássio x deficiência hídrica, no experimento do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Doses de potássio ppm	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
0**	2,82 a A	2,74 a A	1,72 a B	2,68 a A
22,5	3,44 a A	3,19 a A	1,97 a B	2,26 a B
45,0	3,53 a A	3,39 a A	0,75 b C	2,00 a B
90,0	3,54 a A	3,44 a A	0,40 b C	2,39 a B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** Teor natural de potássio do solo



DF= déficit no florescimento

FIGURA 4. Peso de 100 grãos obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

Nos Quadros 5B, 6B e 7B, estão representados os resultados médios da produção de grãos, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos, respectivamente, para a interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro.

Observando-se o Quadro 5B, podemos verificar que a cultivar Rio Paranaíba foi superior na produção de grãos para as plantas testemunhas (sem estresse) e para as plantas que sofreram déficit no perfilhamento, em relação à cultivar IAC-25. Já para o estágio de florescimento e enchimento de grãos, sob déficit hídrico, a produção de grãos se mostrou igual para as duas cultivares.

No Quadro 6B, verifica-se que o número de grãos por vaso permaneceu constante para as duas cultivares (IAC-25 e Rio Paranaíba), nas plantas testemunhas (sem estresse) e para aquelas que sofreram déficit hídrico no estágio de enchimento de grãos. No estágio de perfilhamento, sob déficit hídrico, a cultivar Rio Paranaíba se mostrou superior à cultivar IAC-25; mas no estágio de florescimento o mesmo não ocorreu, mostrando a cultivar IAC-25 ser superior à cultivar Rio Paranaíba, o número de grãos cheios por vaso.

Os resultados médios do peso de 100 grãos no Quadro 7B, mostram que as cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba apresentaram seus pesos médios iguais estatisticamente, tanto para aquelas plantas que não sofreram deficiência hídrica quanto para as que sofreram deficiência hídrica no estágio de perfilhamento. Porém,

QUADRO 5B. Produção média de grãos^{1/}, g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	8,70 B a	7,14 B a	0,99 A b	1,85 A b
Rio Paranaíba	9,75 A a	9,10 A a	0,55 A c	2,31 A b

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Produção a 13% de umidade

no estágio de florescimento, a cultivar IAC-25 foi superior à cultivar Rio Paranaíba, sob estresse; mas no estágio de enchimento de grãos a cultivar Rio Paranaíba se mostrou superior à cultivar IAC-25, sob estresse, no peso de 100 grãos.

Pelos resultados mostrados acima, há grande variação entre as cultivares. Segundo LUCHIARI JR. et alii (48), isto já é esperado entre variedades, devido à sua carga genética, por se ajustarem diferencialmente em situações restritas de água. Também no estudo desenvolvido por STONE et alii (83), foram encontradas diferenças entre cultivares para a produção de grãos, número de grãos cheios por panícula e peso de 100 grãos, submetidos à deficiência hídrica.

Os dados mostraram que a cultivar Rio Paranaíba é mais produtiva do que a cultivar IAC-25, apesar do peso médio de grãos e o número de grãos cheios por vaso permanecerem semelhantes, isto para aquelas plantas que não sofreram deficiência hídrica. Para aquelas plantas que sofreram o déficit no estágio de perfilhamento também a produção da cultivar Rio Paranaíba foi superior, devido ao maior número de grãos cheios por vaso, pois o peso médio de 100 grãos permaneceu constante para as duas cultivares, além do que esta cultivar se mostrou mais produtiva (Quadro 5B). FERRAZ (28) cita que plantas que sofrem déficit hídrico neste estágio, não são muito afetadas na sua produção final.

Para o estágio de florescimento, houve uma superioridade da cultivar IAC-25 com relação ao número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos; isto é explicado, considerando-se que esta

QUADRO 6B. Resultados médios do número de grãos^{1/} cheios/vaso, obtidos pela interação de ficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	15,92 A a	14,76 B a	5,02 A c	9,93 A b
Rio Paranaíba	16,57 A a	16,45 A a	3,01 B c	8,91 A b

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Dados transformados para $\sqrt{x + 1,0}$

QUADRO 7B. Resultados médios do peso de 100 grãos, em gramas, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	3,30 A a	3,22 A a	1,80 A b	1,83 B b
Rio Paranaíba	3,36 A a	3,17 A a	0,62 B b	2,84 A a

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

cultivar, no geral, apresenta uma menor produção de matéria seca da parte aérea total (Quadro 9C), conseqüentemente, sofreu menos o efeito do déficit devido ao menor consumo de água. Este dado está de acordo com ALVARENGA (1), que encontrou maior consumo d'água em plantas que apresentaram maior peso de matéria seca.

No estágio de enchimento de grãos, a cultivar Rio Paranaíba foi superior, provavelmente devido ao período do seu ciclo ser mais longo (Quadro 2). O déficit hídrico aos 91 dias deve ter afetado mais a cultivar IAC-25 do que a Rio Paranaíba, pois elas apresentam diferentes épocas para o enchimento de grãos, influenciando a translocação de fotossintatos para os grãos, BOYER & McPHERSON (9).

Ainda os Quadros 5B, 6B e 7B, mostram que as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, apresentaram menores produções de grãos, número de grãos cheios por vaso e peso de 100 grãos, no florescimento, mostrando ser este o período mais crítico para o arroz no que diz respeito ao estresse hídrico; segundo 26, 38 e 42 este resultado já é esperado.

4.3. Peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total

De acordo com os dados apresentados no Quadro 8, observa-se que o efeito do déficit hídrico e dose de potássio sobre o peso da matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total tiveram efeito significativo. Para as cultivares só

houve efeito significativo sobre o peso de matéria seca da parte aérea, parte aérea total e total. Nota-se também, haver interação entre o estágio que ocorreu o déficit hídrico x dose de potássio e estágio que ocorreu o déficit hídrico x cultivares do arroz de sequeiro.

O desdobramento da interação déficit hídrico x dose de potássio indicou que apenas no estágio de florescimento não houve diferença no peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total, para as doses crescentes de potássio.

Para as cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba também pode-se notar o efeito do déficit hídrico sobre o peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total.

Pelas Figuras 5, 6, 7 e 8 podemos verificar o efeito crescente das doses de potássio x déficit hídrico, para o peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total, respectivamente.

O efeito das doses de potássio sobre o peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total teve um padrão semelhante. Aquelas plantas que não sofreram deficiência hídrica, sofreram deficiência hídrica no perfilhamento e no estágio de enchimento de grãos teve aumentado o seu peso de matéria seca com o aumento das doses de potássio. Contudo, as plantas que sofreram déficit hídrico no estágio de florescimento, teve seu peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte

QUADRO 8. Resumo do quadro da análise de variância para a produção de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Fatores de variação	G.L.	Quadrados médios			
		Raízes	Parte aérea ^{1/}	Parte aérea total ^{2/}	Total ^{3/}
-----g/vaso-----					
Déficit hídrico (DH)	3	38,14 **	122,29 **	764,48 **	1129,87 **
Doses de potássio (DP)	3	15,59 **	120,47 **	306,53 **	459,56 **
Cultivares (CU)	1	0,18 ns	18,94 **	53,42 **	58,88 **
DH x DP	9	2,34 **	12,59 **	57,13 **	81,52 **
DH x CU	3	20,82 **	10,15 **	29,45 **	41,70 **
DP x CU	3	0,13 ns	0,36 ns	2,75 ns	2,94 ns
DH x DP x CU	9	0,36 ns	1,59 ns	3,05 ns	5,22 ns
Erro	62	0,29	1,07	2,51	3,88
DP dentro de DH					
sem déficit	3	11,14 **	66,12 **	248,06 **	363,77 **
déficit no perfilhamento	3	7,19 **	46,03 **	180,59 **	258,60 **
déficit no florescimento	3	0,47 ns	2,05 ns	3,90 ns	6,95 ns
déficit no enchimento de grãos	3	3,80 **	44,04 **	45,39 **	74,80 **
DH dentro CU					
IAC-25	3	17,02 **	36,03 **	254,28 **	386,14 **
Rio Paranaíba	3	23,20 **	96,40 **	539,64 **	785,43 **
C.V. (%)		15,20	11,71	12,00	11,77

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns não significativo

^{1/} parte aérea = folhas + colmos + ráquis

aérea total e total constante, isto é, mesmo com doses crescentes de potássio o peso da matéria seca não foi aumentado.

Essas menores produções de matéria seca na dose mais baixa de potássio estão de acordo com os pesquisadores 1, 29 e 55.

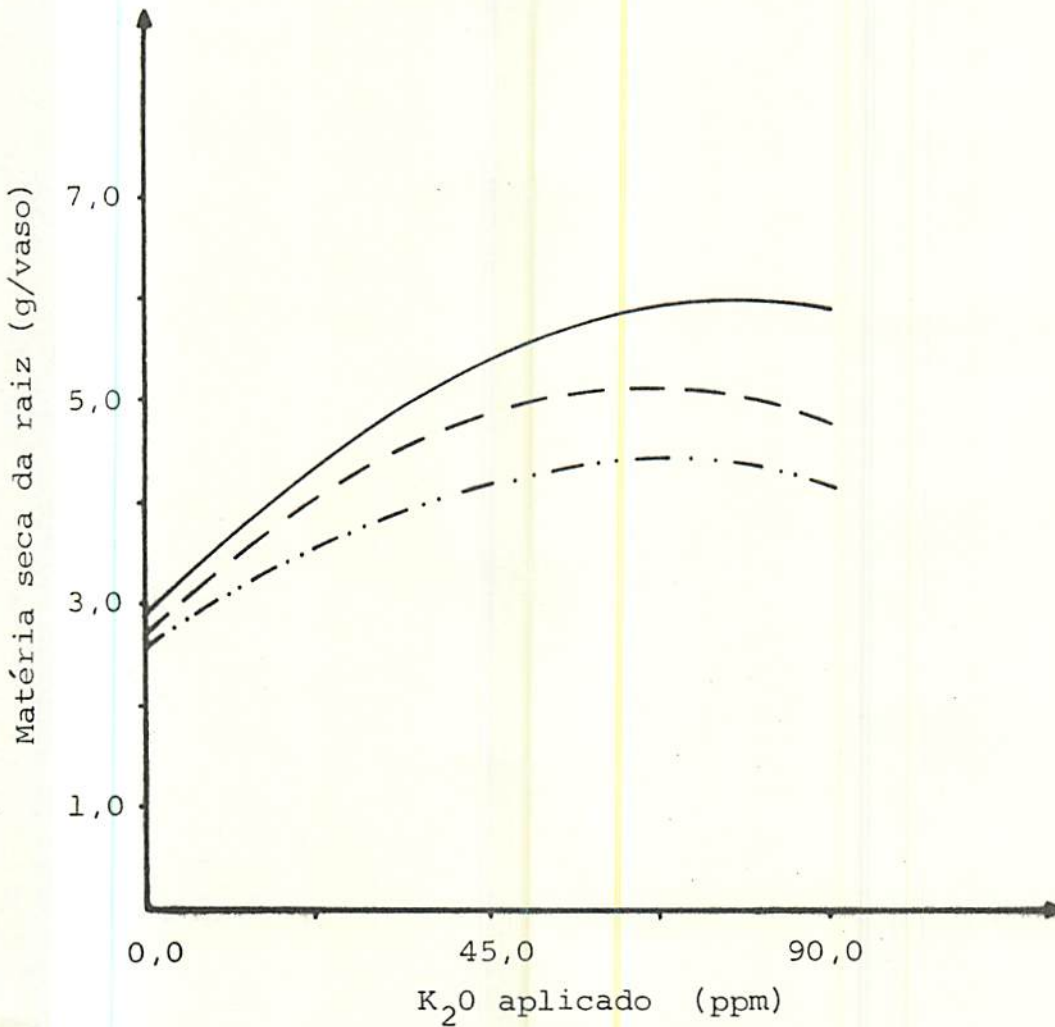
Com respeito à deficiência hídrica no florescimento, estes resultados estão de acordo com 13, 15, 21, 24, 36, 37, 71, 80 e 82, na produção de matéria seca da parte aérea, parte aérea total e total.

Os resultados obtidos no perfilhamento são esperados, uma vez que, déficit neste estágio, não afeta a produção final, segundo FERRAZ (28) e LUCHIARI JR. et alii (48).

No estágio de enchimento de grãos, o peso de matéria seca também não sofre muito o efeito do estresse hídrico, devido à planta já ter atingido seu pleno desenvolvimento; a não ser o peso de 100 grãos, afetando o peso de matéria seca da parte aérea total e total, devido à menor produção de grãos (Quadro 5A) quando o déficit ocorreu neste estágio.

Para a produção de matéria seca das raízes, segundo alguns pesquisadores, déficit hídrico no perfilhamento, favorece um aumento do peso de matéria seca, visto que as mesmas se aprofundam em busca de umidade 4, 13, 18, 59 e 80. No entanto, aqui não foi verificado um aumento superior neste estágio e sim um peso semelhante às plantas que não sofreram déficit hídrico. Isto pode ser explicado por ser, o vaso, um recipiente limitado, não tendo

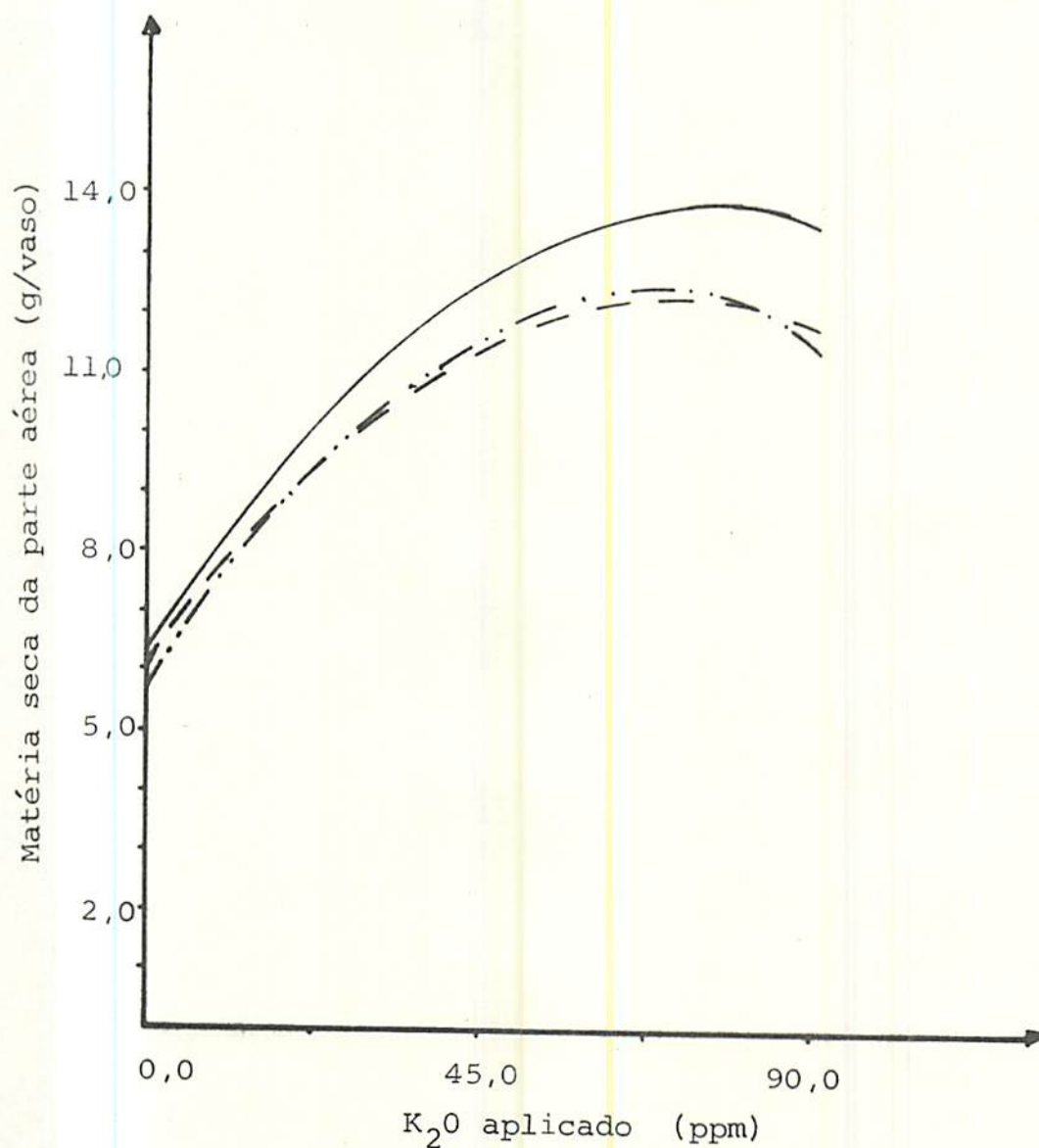
—	SE	$\hat{Y} = 2,915 + 0,0760X - 0,00048X^2$	$R^2 = 0,92$
- - -	DP	$\hat{Y} = 2,662 + 0,0772X - 0,00060X^2$	$R^2 = 0,89$
- . - .	DE	$\hat{Y} = 2,605 + 0,0551X - 0,00041X^2$	$R^2 = 0,93$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos.

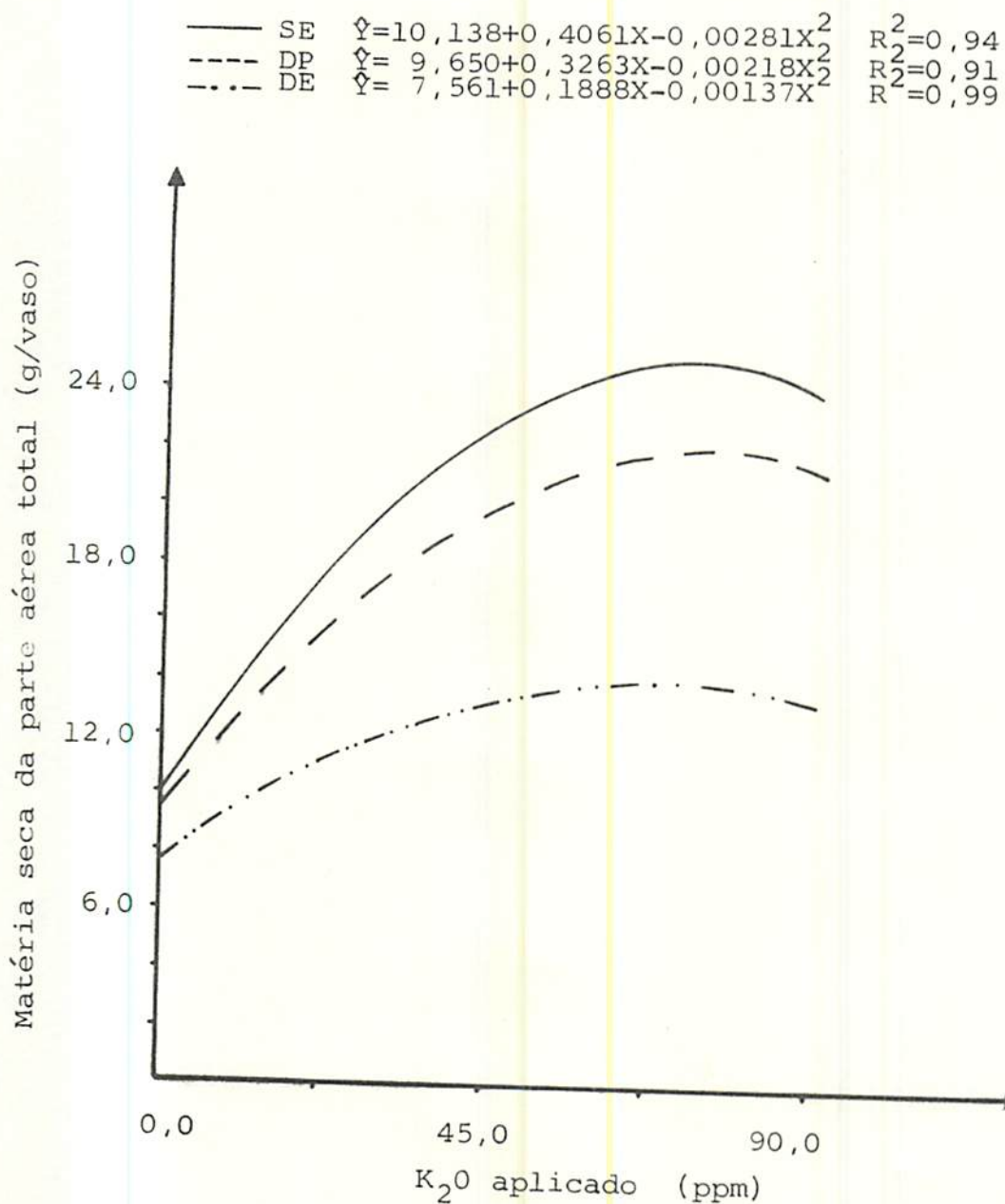
FIGURA 5. Rendimento de matéria seca da raiz, obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz, ESAL, Lavras-MG. 1986.

—	SE	$\hat{Y}=6,291+0,1981X-0,00130X^2$	$R^2=0,95$
- - -	DF	$\hat{Y}=5,961+0,1800X-0,00128X^2$	$R^2=0,93$
- . - .	DE	$\hat{Y}=5,745+0,1960X-0,00148X^2$	$R^2=0,99$



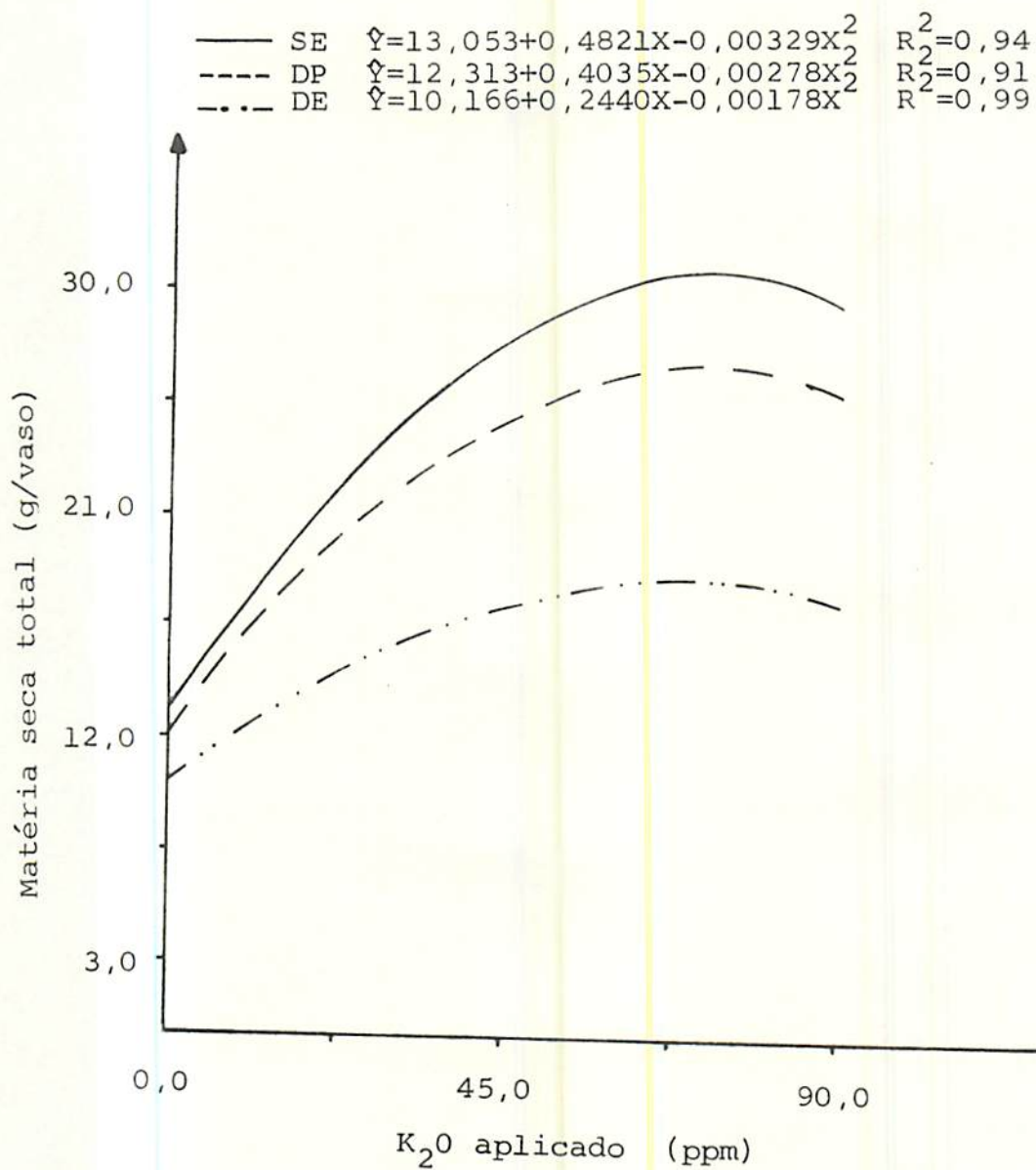
SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE= déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 6. Rendimento de matéria seca da parte aérea, obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 7. Rendimento de matéria seca da parte aérea total obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 8. Rendimento de matéria seca total obtido da interação, dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

um espaço grande para se explorar; o que pode notar visualmente nestes vasos, uma melhor exploração das raízes em todo o seu espaço interior.

No estágio de florescimento, foi verificado que, o sistema radicular das plantas que receberam doses mais baixas de potássio permaneceu ativo e, nas doses mais altas, este já começou a se deteriorar, não conseguindo se recuperar após o período de estresse hídrico, obtendo, assim, igual peso de matéria seca.

Finalizando, os resultados demonstraram ser o estágio de florescimento, o período mais crítico, para o peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total para o arroz, de acordo com autores já citados anteriormente, independente da dose de potássio aplicada, ressaltando que o estresse hídrico afeta mais a planta do arroz do que a adubação potássica. Isto é bastante ilustrado por 25, 28, 45, 62 e 77, decorrente das inúmeras funções da água na vida das plantas.

Nos Quadros 9A, 9B, 9C e 9D estão representados os resultados médios do peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total, respectivamente, para a interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro.

Pelo Quadro 9A, verifica-se que as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, obtiveram o peso de matéria seca das raízes iguais, tanto para as plantas que não sofreram deficiência hídrica como aquelas que sofreram o déficit hídrico no estágio de florescimento.

QUADRO 9A. Peso médio de matéria seca das raízes, g/vaso, obtido da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	4,42 a A	3,80 b B	1,76 a C	4,02 a AB
Rio Paranaíba	4,86 a A	4,43 a A	1,74 a C	3,32 b B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No estágio de perfilhamento, a cultivar Rio Paranaíba se mostrou superior à cultivar IAC-25 e no estágio de enchimento de grãos a cultivar IAC-25 se mostrou superior à cultivar Rio Paranaíba, sob déficit hídrico.

Vários pesquisadores encontraram diferenças entre cultivares na produção de matéria seca das raízes, mostrando grande variabilidade entre elas, 1, 24, 30, 59 e 79.

Porém, esta variação é sempre mais acentuada entre cultivares de sequeiro x cultivares irrigadas sob estresse hídrico.

Pelo resultado obtido, a cultivar Rio Paranaíba mostrou ser superior à cultivar IAC-25 (estresse hídrico no estágio de perfilhamento) e revelou ser mais adaptável ao estresse neste estágio, pois as duas cultivares se mostraram idênticas na produção de matéria seca das raízes, sem estresse. No estágio de enchimento de grãos, ocorreu o oposto, isto se deve, provavelmente, ao fato da cultivar IAC-25, neste estágio, ter atingido o seu pleno desenvolvimento, devido ao período mais curto do seu ciclo (Quadro 2), em relação à cultivar Rio Paranaíba. Para 4, 18 e 59, plantas com sistemas radiculares mais profundos resistem mais à seca e se correlacionaram com raízes mais pesadas.

Nos Quadros 9B, 9C e 9D, apresentam-se os resultados médios para o peso de matéria seca da parte aérea, da parte aérea total e total, respectivamente, para as cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba sob o estresse hídrico, nos vários estágios de desenvolvimento.

QUADRO 9B. Peso médio de matéria seca da parte aérea $\frac{1}{2}$ g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	9,69 b A	8,62 b A	5,87 a B	9,35 a A
Rio Paranaíba	11,55 a A	10,65 a AB	5,17 a C	9,70 a B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

$\frac{1}{2}$ Parte aérea = colmos + folhas + ráquis

QUADRO 9C. Peso médio de matéria seca da parte aérea total $\frac{1}{2}$ g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	17,25 b A	14,84 b B	6,73 a D	11,00 a C
Rio Paranaíba	20,04 a A	18,56 a A	5,48 a C	11,72 a B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

$\frac{1}{2}$ Parte aérea total = parte aérea + grãos cheios

QUADRO 9D. Peso médio de matéria seca total $\frac{1}{2}$, g/vaso, obtidos da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	21,68 b A	18,64 b B	8,49 a D	15,02 a C
Rio Paranaíba	24,90 a A	22,99 a A	7,23 a C	15,04 a B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

$\frac{1}{2}$ / Total = parte aérea total + raízes

O desdobramento da interação revelou que a produção de matéria seca da parte aérea, parte aérea total e total só foi significativo nos estádios em que a planta não sofreu deficiência hídrica e nas que sofreram deficiência hídrica no perfilhamento, revelando ser a cultivar Rio Paranaíba, superior.

No estágio de florescimento e enchimento de grãos, o peso de matéria seca da parte aérea, da parte aérea total e total, das duas cultivares, Rio Paranaíba e IAC-25, se revelaram semelhantes.

Estes resultados se devem ao fato de que a cultivar Rio Paranaíba produz maior quantidade de matéria seca na parte aérea, nos estádios mais favoráveis para o bom desenvolvimento da planta, porém, sob estresse nos estádios mais críticos, florescimento e enchimento de grãos, não se mostrou superior. Também deve-se ressaltar que a cultivar Rio Paranaíba, obteve uma maior produção de grãos, (Quadro 5B), favorecendo mais esta diferença no rendimento de matéria seca da parte aérea total e total.

No que se refere ao estágio de deficiência hídrica, o peso de matéria seca da parte aérea, da parte aérea total e total, foi mais crítico no florescimento, mostrando a baixa produção de matéria seca. Resultados semelhantes também foram encontrados por 13, 15, 21, 24, 30, 36, 37, 71, 80 e 82.

4.4. Relação parte aérea total/raízes e índice de colheita

O Quadro 10 mostra o resumo do quadro da análise de variância, dos resultados obtidos nos diversos tratamentos do ensaio.

Houve uma interação significativa entre deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro para a relação parte aérea total/raízes. O desdobramento dessa interação mostrou ter ocorrido diferença significativa entre as duas cultivares em estudo, IAC-25 e Rio Paranaíba. Também pode-se notar o efeito significativo do potássio sobre esta relação.

No índice de colheita (Quadro 10), houve efeito significativo do déficit hídrico e uma interação entre o déficit hídrico x dose de potássio. O desdobramento dessa interação mostrou que apenas os tratamentos que não sofreram déficit hídrico e os que sofreram déficit hídrico no florescimento foram significativos, havendo diferença no índice de colheita com as doses crescentes de potássio.

Pela Figura 9, verifica-se o efeito quadrático das doses crescentes de potássio sobre a relação parte aérea total/raízes. Este efeito foi crescente até o nível de 71,0 ppm de K_2O ; a partir daí, tendeu a permanecer constante, mostrando que, nas doses mais baixas de potássio, houve, proporcionalmente, um maior ganho da parte aérea total em relação às raízes e este ganho foi menor com as doses mais altas de potássio; esses resultados estão de acordo com ALVARENGA (1).

No desdobramento da interação deficiência hídrica x cultivares (Quadro 11), observamos que os valores médios da relação parte aérea total/raízes foram significativos para as plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento e enchimento de grãos. A cultivar Rio Paranaíba apresentou ser inferior no estágio de en

QUADRO 10. Resumo do quadro de análise de variância para a relação parte aérea total/raízes e índice de colheita, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (Oryza sativa L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Fatores de variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Relação parte aérea total $\frac{1}{}$ /raízes (g/g)	Índice de colheita $\frac{2}{}$ (g/g)
Déficit hídrico (DH)	3	4,1383 **	2,6626 **
Doses de potássio (DP)	3	0,8608 **	0,0131 ns
Cultivares (CU)	1	0,3553 ns	0,0260 ns
DH x DP	9	0,3162 ns	0,0671 **
DH x CU	3	2,2460 **	0,0191 ns
DP x CU	3	0,1956 ns	0,0351 ns
DH x DP x CU	9	0,0668 ns	0,0073 ns
Erro	62	0,2062	0,0014
DP dentro de DH			
sem déficit	3	-	0,0556 *
déficit no perfilhamento	3	-	0,0502 ns
déficit no florescimento	3	-	0,0766 **
déficit no enchimento grãos	3	-	0,0320 ns
CU dentro de DH			
sem déficit	1	0,1350 ns	-
déficit no perfilhamento	1	0,2752 ns	-
déficit no florescimento	1	2,7948 **	-
déficit no enchimento grãos	1	3,8881 **	-
C.V. (%)		12,38	27,32

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns não significativo

$\frac{1}{}$ parte aérea total = colmos + folhas + ráquis + grãos cheios

$\frac{2}{}$ índice de colheita = produção de grãos/colmos + folhas + ráquis

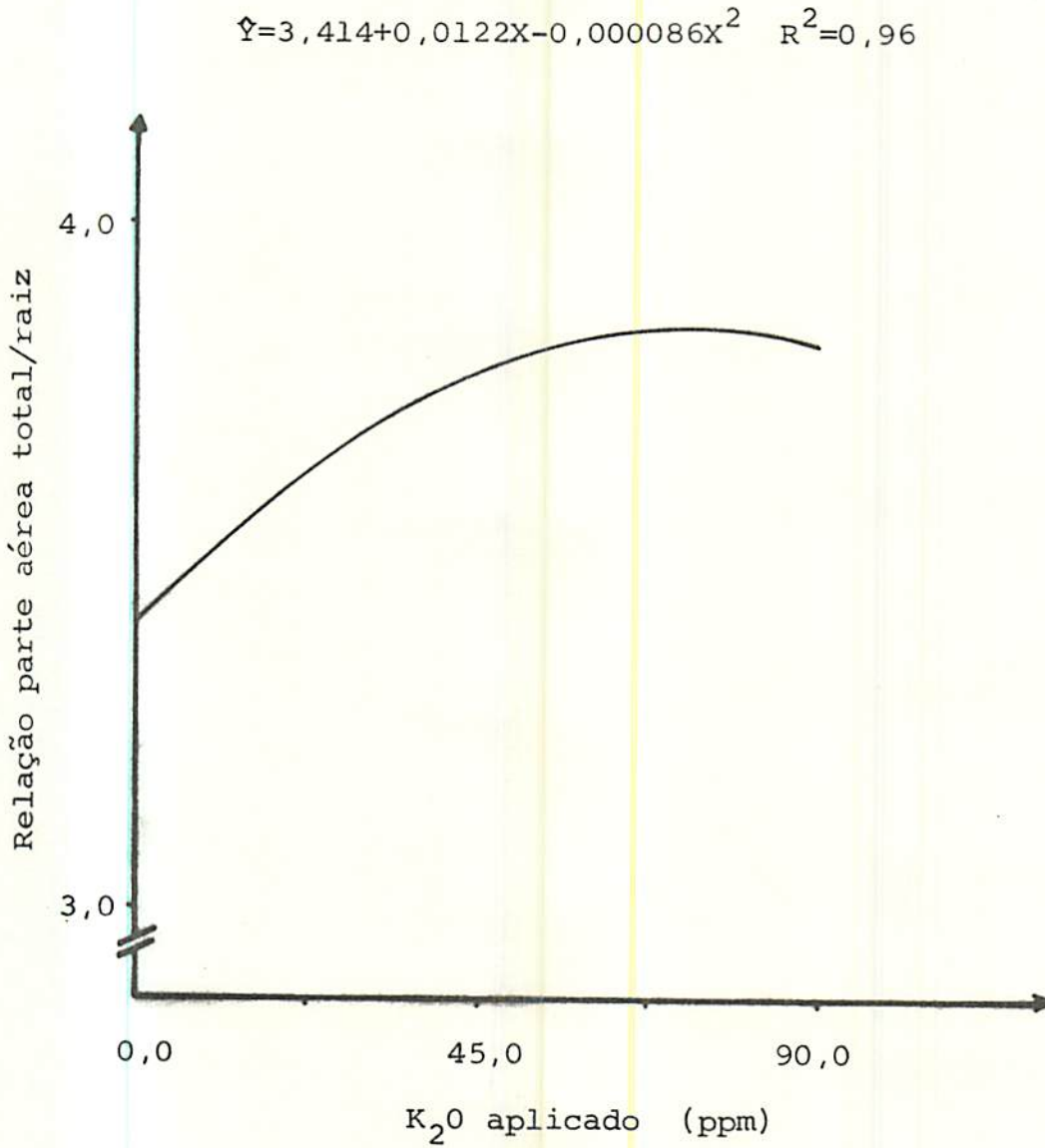


FIGURA 9. Efeito dos níveis de potássio aplicados ao solo, sobre a relação parte aérea total/raiz do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

chimento de grãos e no estágio de florescimento superior à cultivar IAC-25. STONE (79) também encontrou diferença entre cultivares, quando foram submetidas a déficit hídrico no florescimento.

Porém, os dados mostraram que a 'IAC-25' é mais resistente à seca no estágio de florescimento, isto ocorreu, observando-se o Quadro 9C, onde vemos que a produção de matéria seca da parte aérea total tendeu ser maior, por ter sofrido menos o efeito do estresse d'água; considerando-se a menor produção de matéria seca para as plantas que não sofreram déficit hídrico.

No estágio de enchimento de grãos, o maior valor obtido pela cultivar Rio Paranaíba, da relação parte aérea total/raízes, mostrou ser inferior à cultivar IAC-25. Isto se deve ao fato da cultivar Rio Paranaíba apresentar uma menor produção de matéria seca das raízes, conseqüentemente, apresentou uma maior relação parte aérea total/raízes. Tendo em conta que a produção de grãos e matéria seca da parte aérea total permaneceu constante, para as duas cultivares neste estágio.

Para 4, 18 e 59 sistemas radiculares mais pesados resistem mais à seca, portanto, a cultivar IAC-25 foi mais resistente à seca nos estádios de florescimento e enchimento de grãos para a relação parte aérea total/raízes.

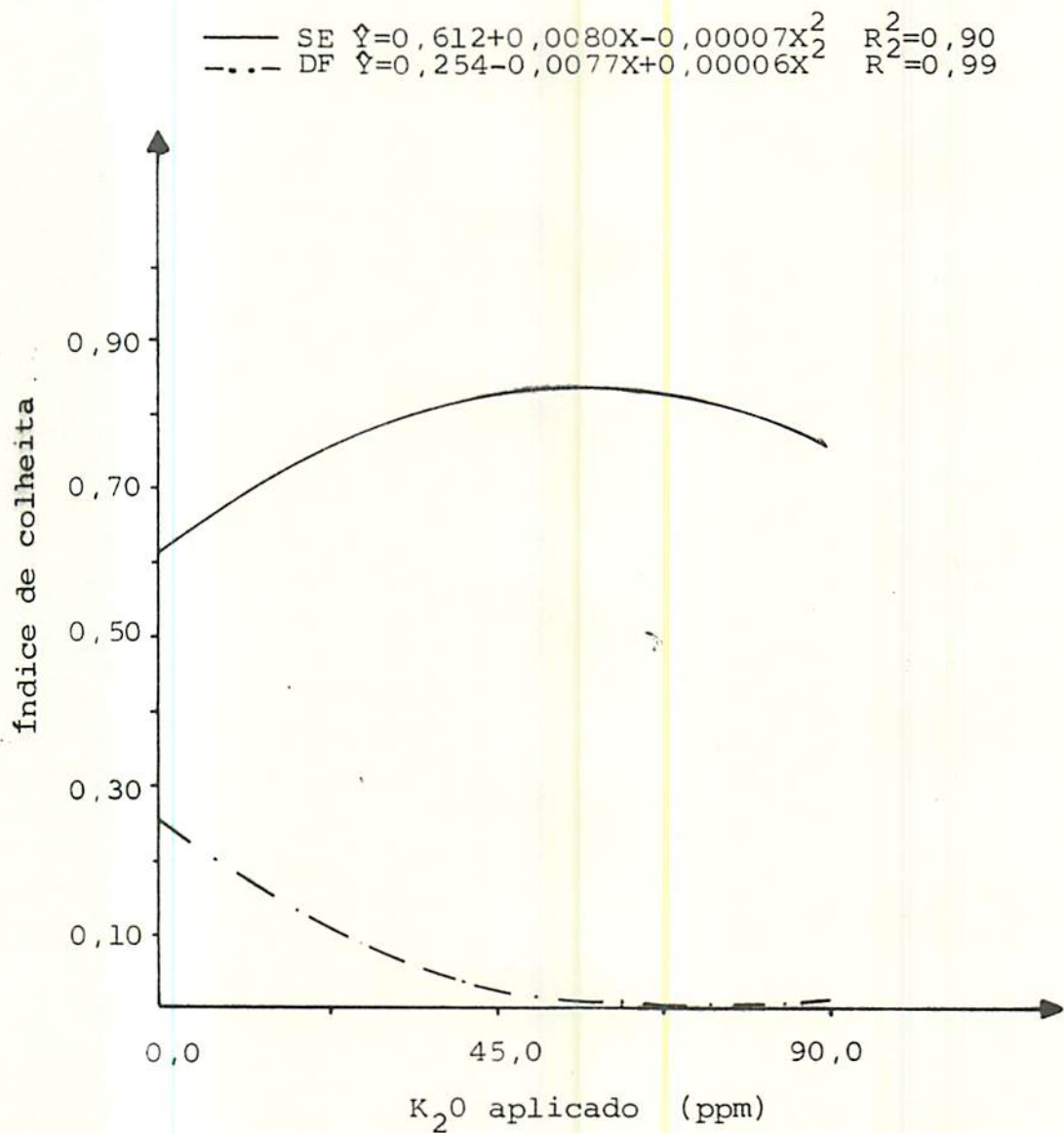
Na Figura 10, observa-se que houve um efeito quadrático positivo para o índice de colheita, com as doses crescentes de potássio sobre as plantas que não sofreram déficit; alcançando um ponto máximo no índice de colheita, ao nível de 56,7 ppm de potássio, tendendo a decair a partir deste ponto. No estágio de flo-

QUADRO 11. Valores médios da relação parte aérea total $\frac{1}{}$ /raízes, obtidos da interação de-
ficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	3,93 a	3,90 a	3,84 a	2,76 b
Rio Paranaíba	4,08 a	4,12 a	3,16 b	3,56 a

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

$\frac{1}{}$ Parte aérea total = folhas + colmos + ráquis + grãos cheios



SE=sem estresse; DF=déficit no florescimento

FIGURA 10. Índice de colheita obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

rescimento o déficit hídrico teve um efeito quadrático negativo para o índice de colheita; alcançado seu ponto mínimo ao nível de 69,5 ppm de K_2O .

Para as plantas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento e enchimento de grãos, o índice de colheita permaneceu constante, com o aumento das doses de potássio.

Estudo de CAMPELO JR. (13) encontrou resultados opostos, ao observado aqui para as plantas-controle (sem estresse), isto é, trabalhando com doses crescentes de nitrogênio, verificou um decréscimo no índice de colheita em condições normais de umidade, revelando um maior acréscimo de palha (folhas + colmos) em proporção ao de grãos. Porém, o resultado obtido aqui, se deve, provavelmente, a dois fatores básicos, o baixo nível de fertilidade do solo (Quadro 1) inicial e talvez a última dose de potássio aplicada no solo (90,0 ppm de K_2O), que não foi muito alta; mas, por extrapolação, pode-se verificar que a tendência da curva é decrescente (Figura 10) a partir de 57,1 ppm de K_2O . Por outro lado, este aumento crescente no índice de colheita é favorável, uma vez que, aplicando adubações a níveis corretos, obtem relativamente um maior ganho na produção de grãos, em relação à produção de matéria seca da parte aérea (Folhas + Colmos).

No estágio de florescimento este decréscimo do índice de colheita segundo 17, 79 e 80 ocorre, porque o estresse hídrico reduz proporcionalmente mais a produção de grãos do que o rendimento de matéria seca da parte aérea; principalmente nas plantas

bem nutridas, onde a necessidade de água é bem maior, ALVARENGA (1) e BRUNINI et alii (11) e a quantidade de água disponível nos vasos era limitante, desequilibrando ainda mais a demanda e o suprimento de água.

De acordo com o Quadro 10, verificou-se que as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, não apresentaram diferença significativa em relação ao índice de colheita. Resultados, encontrados por CAMPELO JR. (13), também demonstraram esse resultado com duas cultivares do arroz de sequeiro. Portanto, segundo esse autor, essas variedades são obtidas em condições de sequeiro e consequentemente, apresentam mecanismos de tolerância à seca.

4.5. Extração e exportação de nutrientes pelas plantas do arroz

4.5.1. Nitrogênio

Nota-se pelos Quadros 12 e 13 a extração e exportação de nitrogênio, respectivamente, pelas plantas de arroz. Verifica-se que para a extração e exportação de nitrogênio houve interação significativa entre déficit hídrico x dose de potássio, e ainda, interação significativa para déficit hídrico x cultivares do arroz de sequeiro na exportação de nitrogênio pelo grão.

No desdobramento da interação déficit hídrico x dose de potássio (Quadro 12) na extração de nitrogênio, observa-se signifificância para as plantas que não sofreram estresse hídrico, para

QUADRO 12. Resumo do quadro de análise de variância para a extração de macronutrientes e micronutrientes, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). ESAL, Lavras - MG. 1986.

Fatores de variação	G.L.	Quadrados médios dos nutrientes extraídos								
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
		----- mg/vaso -----								
Déficit hídrico (DH)	3	68429,96 **	388,99 **	29942,83 **	10275,44 **	14380,28 **	974,28 **	0,1466 **	0,1901 **	2,8077 **
Doses de potássio (DP)	3	24006,86 **	267,40 **	193948,94 **	1633,56 **	3604,80 **	466,38 **	0,0990 **	1,0821 **	0,4268 **
Cultivares (CU)	1	1489,00 ns	8,98 ns	4,52 ns	9,53 ns	1425,58 **	24,42 ns	0,0001 ns	0,1116 ns	0,7176 **
DH x DP	9	6171,34 **	36,97 **	6524,29 **	599,48 **	904,05 **	85,02 *	0,0119 **	0,1379 **	0,2492 **
DH x CU	3	1829,48 ns	1,37 ns	1066,63 ns	188,67 ns	671,68 **	19,10 ns	0,0054 ns	0,0648 ns	0,0954 ns
DP x CU	3	459,74 ns	2,84 ns	473,58 ns	143,25 ns	24,68 ns	19,63 ns	0,0046 ns	0,0051 ns	0,1374 ns
DH x DP x CU	9	1370,27 ns	4,10 ns	420,71 ns	275,56 ns	171,16 ns	52,14 ns	0,0025 ns	0,0537 ns	0,0882 ns
Erro	62	746,08	6,27	400,26	147,53	116,38	40,53	0,0026	0,0312	0,0831
DP dentro de DH										
sem déficit	3	20610,19 **	195,28 **	78467,34 **	1417,08 **	2734,95 **	348,20 **	0,0654 **	0,5885 **	0,7434 **
déficit no perfilhamento	3	16785,12 **	127,31 **	67545,16 **	1199,00 **	1994,33 **	306,37 **	0,0495 **	0,6011 **	0,3035 **
déficit no florescimento	3	1045,72 ns	1,28 ns	11209,54 **	330,99 ns	404,12 *	3,26 ns	0,0012 ns	0,0393 ns	0,0418 ns
déficit no enchimento de grãos	3	4079,84 **	54,45 **	56299,72 **	484,33 ns	1183,55 **	63,62 ns	0,0186 **	0,2668 **	0,0856 ns
CU dentro de DH										
sem estresse	1	-	-	-	-	882,91 **	-	-	-	-
déficit no perfilhamento	1	-	-	-	-	2430,49 **	-	-	-	-
déficit no florescimento	1	-	-	-	-	90,84 ns	-	-	-	-
déficit no enchimento de grãos	1	-	-	-	-	36,35 ns	-	-	-	-
C.V. (%)		12,85	21,87	12,48	15,28	13,36	33,86	22,38	25,46	29,71

* significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** significativo ao nível de 1% de probabilidade
 ns não significativo

QUADRO 13. Resumo do quadro de análise de variância para a exportação de macronutrientes e micronutrientes pelo grão ^{1/}, obtidos no ensaio do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Fatores de variação	G.L.	Quadrados médios dos nutrientes exportados									
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	
		------(%)-----									
Déficit hídrico (DH)	3	9034,29 **	18380,38 **	1276,14 **	28,53 **	153,96**	2306,52 **	1604,71 **	543,86 **	1123,64 **	
Doses de potássio (DP)	3	131,49 *	425,35 **	380,10 **	1,50 *	7,59**	61,50 ns	44,60 ns	28,68 **	40,23 *	
Cultivares (CU)	1	19,46 ns	91,59 ns	7,62 ns	3,74 **	4,21 ns	64,44 ns	385,28 **	26,60 *	326,56 **	
DH x DP	9	298,87 **	526,74 *	34,40 *	0,78 ns	7,24 **	131,68 ns	44,36 **	24,13 **	37,45 **	
DH x CU	3	136,59 *	360,16 ns	44,23 *	1,22 ns	1,20 ns	46,14 ns	58,36 *	7,21 ns	17,44 ns	
DP x CU	3	143,57 ns	339,77 ns	59,19 **	0,34 ns	3,94 *	104,04 ns	26,78 ns	3,91 ns	22,79 ns	
DH x DP x CU	9	47,15 ns	85,90 ns	11,63 ns	0,55 ns	0,53 ns	83,91 ns	16,37 ns	7,68 ns	10,91 ns	
Erro	62	45,00	139,18	12,43	0,48	1,19	66,76	18,46	5,29	11,78	
DP dentro de DH											
sem déficit	3	446,09 **	126,78 ns	174,18 **	-	13,17 **	-	29,12 ns	62,33 **	25,00 ns	
déficit no perfilhamento	3	204,80 **	59,39 ns	106,93 **	-	9,36 **	-	48,52 ns	21,64 *	63,03 **	
déficit no florescimento	3	325,89 **	1539,87 **	120,90 **	-	6,11 **	-	56,95 *	15,26 ns	50,29 *	
Déficit no enchimento de grãos	3	51,32 ns	279,51 ns	81,30 **	-	0,67 ns	-	43,07 ns	1,83 ns	14,27 ns	
CU dentro de DH											
sem estresse	1	0,16 ns	-	21,60 ns	-	-	-	344,36 **	-	-	
déficit no perfilhamento	1	0,15 ns	-	36,02 ns	-	-	-	178,22 **	-	-	
déficit no florescimento	1	91,10 ns	-	71,59 **	-	-	-	35,94 ns	-	-	
déficit no enchimento de grãos	1	337,80 **	-	11,11 ns	-	-	-	1,84 ns	-	-	
CU dentro DP											
sem estresse	1	-	-	93,97 **	-	12,47 **	-	-	-	-	
déficit no perfilhamento	1	-	-	64,12 **	-	2,82 ns	-	-	-	-	
déficit no florescimento	1	-	-	8,13 ns	-	0,68 ns	-	-	-	-	
déficit no enchimento de grãos	1	-	-	18,97 ns	-	0,08 ns	-	-	-	-	
C.V. (%)		23,23	23,36	32,24	47,53	28,78	56,87	35,93	35,75	31,78	

* significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** significativo ao nível de 1% de probabilidade
 ns não significativo
 1/ grãos em casca

as plantas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento e no enchimento de grãos. Na exportação de nitrogênio, o desdobramento da interação déficit hídrico x dose de potássio (Quadro 13) só não obteve significância para as plantas que sofreram estresse hídrico no enchimento de grãos.

As quantidades de nitrogênio extraídas pelas plantas e exportadas pelo grão podem ser observadas pelas Figuras 11 e 12, respectivamente.

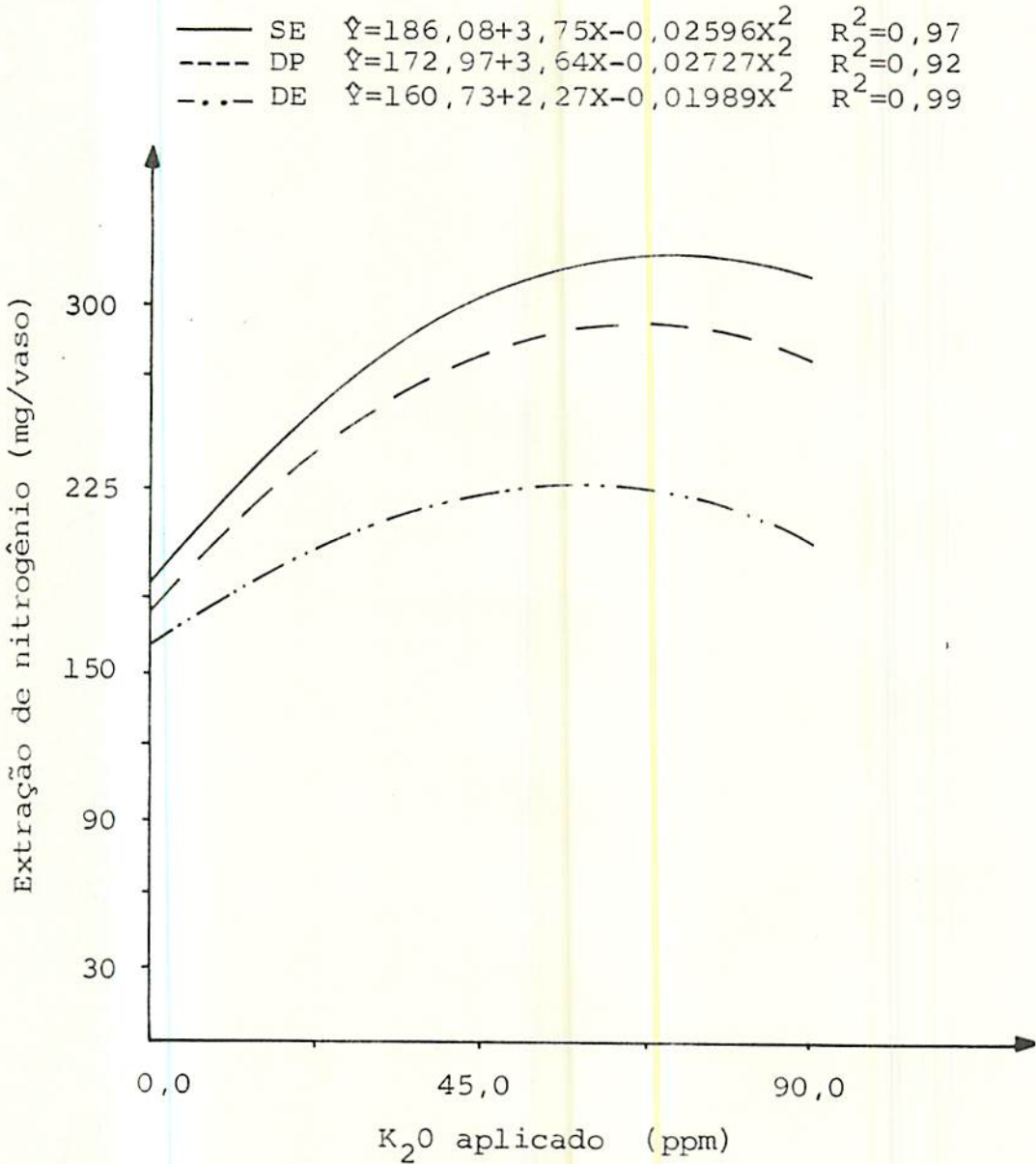
Observa-se pela Figura 11 que a extração de nitrogênio aumentou com as doses crescentes de potássio, tanto para as plantas que não sofreram estresse hídrico, como naquelas que sofreram déficit hídrico no estágio de perfilhamento e enchimento de grãos. De acordo com SCALCO (71) isto ocorreu, pois a extração de nutriente esta em função do seu teor na planta e do seu peso de matéria seca. Portanto, pela Figura 8 observamos que a extração de nitrogênio seguiu as curvas do peso de matéria seca total, isto é, tanto as curvas de extração de nitrogênio (Figura 11) como do peso de matéria seca total (Figura 8) foram semelhantes, apesar dos teores de nitrogênio na planta (Quadro 27) se apresentarem superiores nos níveis mais baixo de potássio.

Na exportação de nitrogênio pelo grão (Figura 12), verificamos que para as plantas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento e para as plantas que não sofreram estresse hídrico, a exportação de nitrogênio aumentou com as doses crescentes de potássio; porém no estágio de florescimento houve um decréscimo na exportação de nitrogênio para as doses crescentes de potássio.

Para as plantas que não sofreram estresse hídrico e aquelas que sofreram no estágio de perfilhamento, isto é esperado, uma vez que a curva da produção de grãos (Figura 2) mostrou-se semelhante, observando os mesmos resultados obtidos na extração de nitrogênio. Para o estágio de florescimento, este decréscimo na exportação de nitrogênio está mais proporcionalmente em função dos teores de nitrogênio no grão, uma vez que a produção de grãos foi constante estatisticamente (Quadro 5A). No Quadro 28, observamos que para os níveis mais baixos de potássio, o teor de nitrogênio foi maior, e para os níveis mais altos de potássio, os teores de nitrogênio foram baixos, verificando-se os resultados obtidos.

Entre a 'IAC-25' e 'Rio Paranaíba', verificamos que a extração de nitrogênio (Quadro 12) foi igual. STONE et alii (81) encontraram diferença na extração de nitrogênio entre as cultivares IET 1444 x IRAT 13 e IAC-47, quando submetidas a baixo teor de água no solo (55 e 70% da ETm) e nos teores mais altos de água no solo (80 e 100% da ETm), a absorção foi igual para as três cultivares.

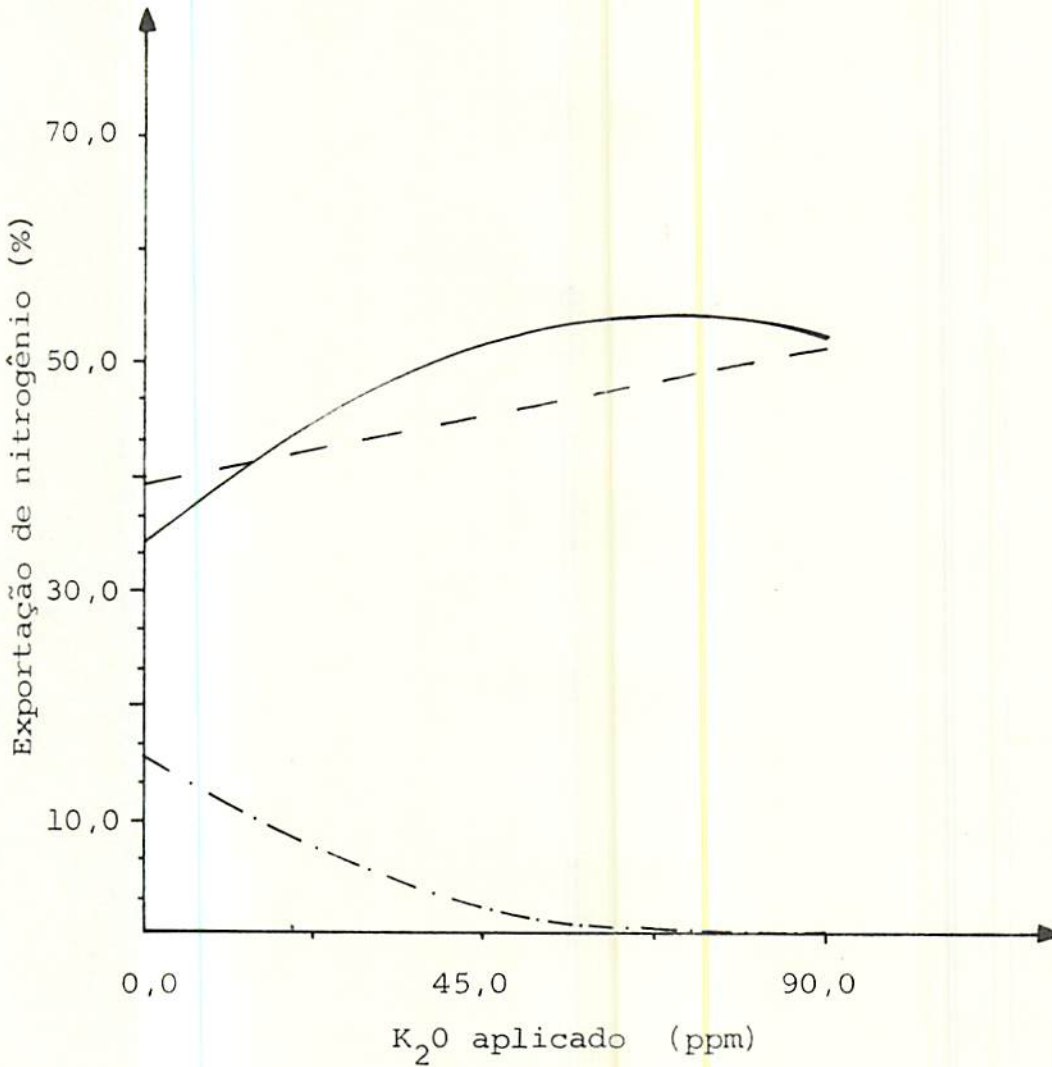
Na exportação de nitrogênio pelo grão, verificamos que as cultivares apresentaram diferenças e foram influenciadas pelo veranico, Quadro 14. Nota-se que essa diferença só ocorreu no estágio de enchimento de grãos, revelando a cultivar Rio Paranaíba ser superior à cultivar IAC-25. STONE et alii (81) encontraram diferença entre as cultivares IET 1444, IRAT 13 e IAC-47 nas lâminas d'água de 70, 80 e 100% da ETm. Os dados aqui obtidos se devem, provavelmente, ao teor de nitrogênio no grão (Quadro 28), e a pro-



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos

FIGURA 11. Extração de nitrogênio obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

— SE $\hat{Y}=34,29+0,551X-0,00387X^2$ $R^2=0,93$
 - - - DP $\hat{Y}=39,146+0,1348X$ $R^2=0,82$
 - . - DF $\hat{Y}=16,24-0,458X+0,00306X^2$ $R^2=0,98$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento

FIGURA 12. Exportação de nitrogênio pelo grão obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

QUADRO 14. Exportação média de nitrogênio para o grão, em porcentagem, obtida da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	45,77 a A	44,37 a A	8,32 a B	15,26 a B
Rio Paranaíba	45,61 a A	44,53 a A	4,42 a C	22,76 b B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

dução de grãos (Quadro 5B); apesar da cultivar Rio Paranaíba não apresentar maior produção de grãos estatisticamente, a mesma se mostrou um pouco superior à cultivar IAC-25, que foi suficiente para obter maior exportação de nitrogênio. Segundo STONE et alii (81) a quantidade de nitrogênio na planta varia em função da parte da planta considerada, do teor de nitrogênio e peso de matéria seca; explicando-se mais uma vez o resultado aqui obtido.

Em relação ao estágio de déficit hídrico, verificamos que a exportação de nitrogênio (Quadro 14) foi mais baixa no estágio de florescimento e enchimento de grãos, contudo, o estágio de perfilhamento e nas plantas testemunhas (sem estresse) se mostraram melhores, concordando com JONES (42) e STONE et alii (84).

Pela Figura 12, podemos verificar que a máxima exportação de nitrogênio para o grão foi de 53,9% nas plantas que não sofreram estresse hídrico. MALAVOLTA et alii (58) verificaram que, da quantidade total de nitrogênio extraída pela cultivar IAC-47, 45,6% foi exportado para o grão. Segundo FORNASIERI FILHO (29) essa concentração de nitrogênio no grão se deve ao fato do mesmo fazer parte dos aminoácidos e proteínas, MALAVOLTA (50).

4.5.2. Fósforo

Houve interação significativa entre deficiência hídrica x dose de potássio para a extração e exportação de fósforo pelas plantas de arroz, Quadros 12 e 13, respectivamente.

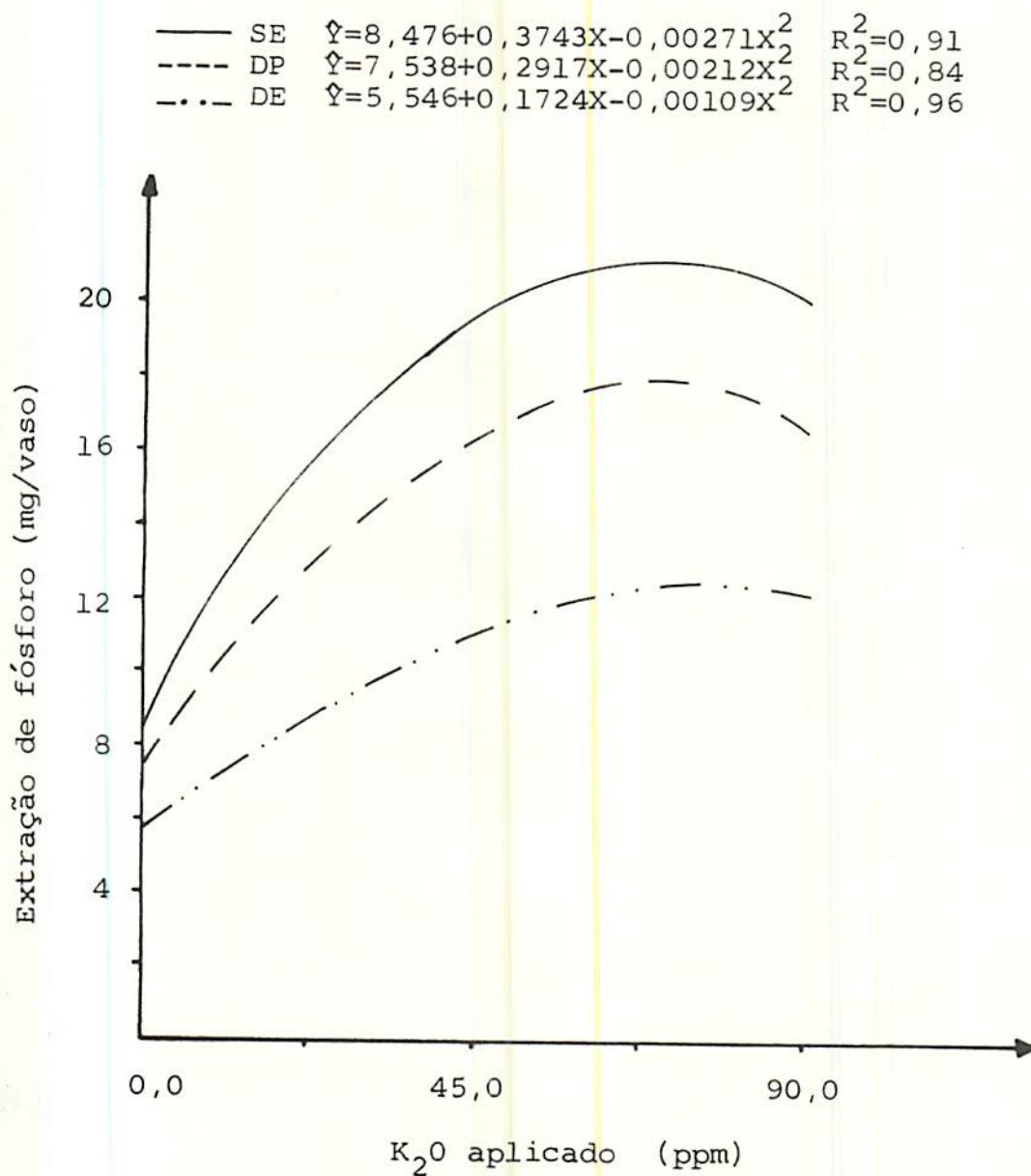
No desdobramento das interações verificou-se um efeito significativo na extração de fósforo (Quadro 12), para as plantas que não sofreram déficit hídrico, sofreram déficit no perfilhamento e enchimento de grãos. Na exportação de fósforo (Quadro 13), somente para as plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento, foi significativa esta interação.

Nas Figuras 13 e 14, podem ser observadas as quantidades de fósforo extraídas pela planta e exportadas pelo grão, respectivamente.

Observa-se que a extração de fósforo aumentou com o aumento das doses de potássio nas plantas que não sofreram déficit, nas que sofreram déficit no perfilhamento e enchimento de grãos. A quantidade absorvida de nutriente, segundo SCALCO (71), está relacionada com o teor de nutriente e com o seu rendimento de matéria seca, portanto, as plantas que receberam maiores quantidades de potássio, produziram maiores quantidades de matéria seca total (Figura 8), resultando em maiores quantidades de extração de fósforo.

No estágio de florescimento, esta extração de fósforo permaneceu constante; isto se deve, provavelmente, porque o rendimento de matéria seca total, (Figura 8), para este estágio, permaneceu constante, inalterando a extração de fósforo.

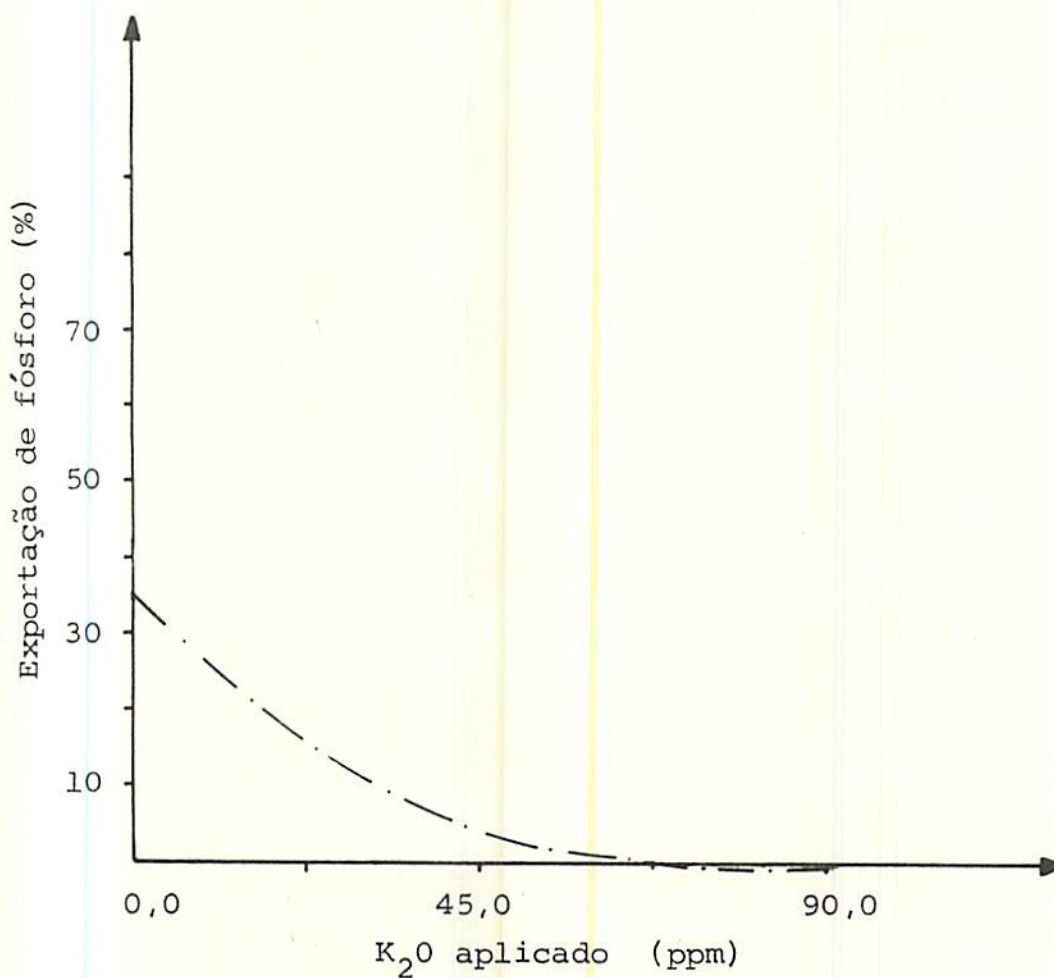
A exportação de fósforo pelo grão só obteve efeito no estágio de florescimento, apresentando uma resposta quadrática negativa e altamente significativa, Figura 14. Este efeito demonstra um decréscimo na porcentagem exportada de fósforo com o aumento



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos

FIGURA 13. Extração de fósforo obtidos da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

$$- \text{DF} \quad \hat{Y} = 35,404 - 0,9928X + 0,00663X^2 \quad R^2 = 0,99$$



DF= déficit no florescimento

FIGURA 14. Exportação de fósforo pelo grão obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

das doses de potássio, atingindo seu ponto mínimo a 74,9 ppm de K_2O . Isto ocorreu, observando-se a produção de grãos (Quadro 5A), à uma tendência na diminuição da produção de grãos, devido ao menor número de grãos cheios (Quadro 6A) e peso de 100 grãos (Quadro 7A), conseqüentemente, diminuindo a exportação, visto que a mesma está em função da quantidade de matéria seca do grão e o teor de fósforo.

As plantas que não sofreram déficit hídrico, déficit hídrico no perfilhamento e enchimento de grãos, exportaram para os grãos em média 71,6, 72,3 e 44,2% de fósforo, respectivamente, independente das doses de potássio aplicado. Segundo 29, 33 e 55 também encontraram maiores quantidades de fósforo no grão.

Entre as cultivares, não foi verificado diferença na extração (Quadro 12) e exportação (Quadro 13) de fósforo para o grão. MALAVOLTA et alii (58) encontraram diferença na extração e exportação de fósforo, porém seu trabalho foi realizado com as cultivares IAC-25 e IAC-47.

4.5.3. Potássio

Pelos Quadros 12 e 13 verificamos a extração e exportação de potássio pelas plantas de arroz, respectivamente.

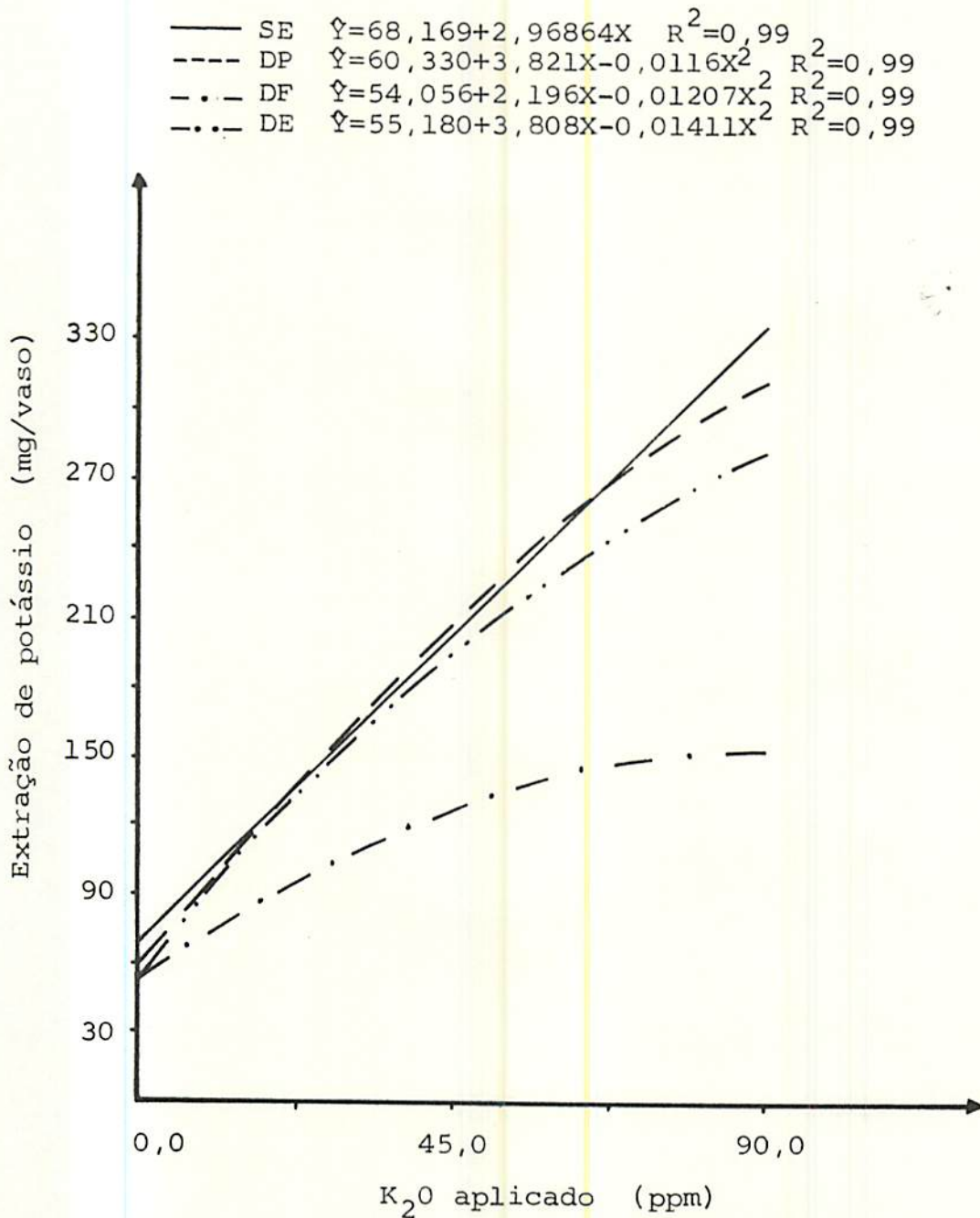
Como se pode observar, ocorreu interação significativa entre deficiência hídrica x dose de potássio na extração de potássio pela planta. Verificou-se que houve efeito significativo desta interação para as plantas que não sofreram déficit hídrico, pa

ra as que sofreram déficit hídrico no perfilhamento, no florescimento e no enchimento de grãos, para as doses crescentes de potássio.

Com respeito à exportação de potássio para o grão, houve interação significativa para dose de potássio x deficiência hídrica, deficiência hídrica x cultivares e dose de potássio x cultivares.

Na Figura 15 estão representadas as equações de regressão para a extração de potássio para as plantas que não sofreram déficit hídrico, para as que sofreram déficit hídrico no perfilhamento, no florescimento e no enchimento de grãos, demonstrando um efeito linear, quadrático, quadrático e quadrático, respectivamente, para as doses crescentes de potássio.

Observa-se, no geral, que a extração de potássio foi crescente, para as doses crescentes de potássio, nos estádios em que as plantas sofreram déficit hídrico no perfilhamento, déficit hídrico no enchimento de grãos e as testemunhas (sem estresse). Esse aumento na extração de potássio, está em função do rendimento de matéria seca total (Figura 8) e também do teor de potássio na planta (Quadro 27), que seguiu o mesmo comportamento da curva. Além disso, essas plantas receberam aplicações de potássio no solo, portanto, necessariamente, encontraram-se maiores quantidades de potássio naquelas plantas que receberam as maiores doses.



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento; DE=déficit no enchimento de grãos

FIGURA 15. Extração de potássio pela planta obtido da interação do dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. ESAL, Lavras-MG. 1986.

No estágio de florescimento, este aumento na extração de potássio, se deve ao aumento do teor de potássio (Quadro 27), uma vez que, o rendimento de matéria seca total (Figura 8) permaneceu constante; resultados idênticos foram verificados por 36, 47, 66 e 78. Portanto, este efeito não resultou em maior produção de grãos, pois segundo 8, 39, 51 e 70 o potássio atuaria nas relações hídricas das plantas, conferindo às mesmas maior economia hídrica e superando este período crítico de estresse hídrico. No entanto, o déficit hídrico foi muito severo (10 dias) e com o conteúdo de água no solo limitante, agravou ainda mais o déficit hídrico, principalmente nas doses mais altas de potássio aplicado.

Entre as cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba a extração de potássio não foi significativa. FURLANI et alii (30) encontraram resultados idênticos com cultivares do arroz de sequeiro quanto ao conteúdo total de potássio; enquanto que STONE (78) encontrou diferenças na absorção de potássio entre cultivares.

A Figura 16 ilustra a exportação de potássio pelos grãos das diferentes interações.

Segundo se verificou, as exportações de potássio para os grãos diminuem com as doses crescentes de potássio aplicadas no solo, independente do estágio em que a planta sofreu ou não deficiência hídrica.

No Quadro 28, observa-se que os teores de potássio no grão foram maiores para as doses mais altas de potássio, devido a uma maior translocação de potássio para o mesmo. No entanto, devi

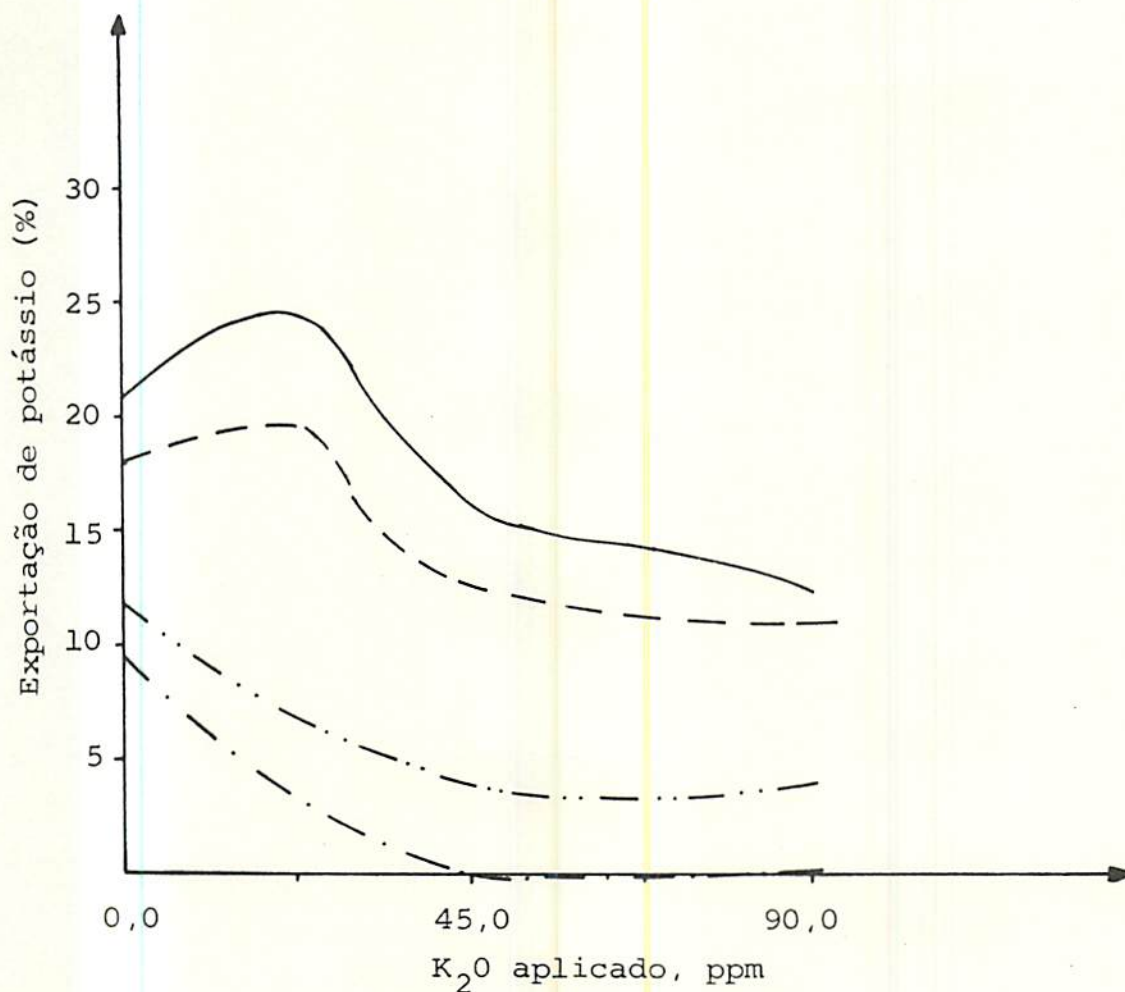
do o potássio se concentrar mais nas folhas e colmos, 29, 52, 54, 56 e 58, as maiores extrações de potássio sofreram o efeito de diluição, onde proporcionalmente, nas doses mais altas de potássio, a translocação de potássio para o grão foi decaindo; mesmo nas plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento e enchimento de grãos, em que apresentaram relativamente maiores teores de potássio no grão (Quadro 28) e baixa produção de grãos (Quadro 5A).

Os dados, apresentados no Quadro 15, mostram o desdobramento da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. Verifica-se que, apenas no estágio de florescimento, a cultivar IAC-25 foi superior à cultivar Rio Paranaíba, sob estresse, na exportação de potássio para o grão. Isto, provavelmente, ocorreu devido à cultivar IAC-25 ter relativamente uma maior produção de grãos (Quadro 5B), em função de um maior número de grãos cheios (Quadro 6B) e peso de 100 grãos (Quadro 7B). Além disso, o teor de potássio, neste estágio, foi bem superior para esta cultivar (Quadro 28).

Através do Quadro 16, observa-se o desdobramento da interação dose de potássio x cultivares na exportação de potássio para o grão.

Verificou-se que, nas plantas que não receberam adubação potássica, a cultivar IAC-25 exportou maior quantidade de potássio para o grão. Na dose de 22,5 ppm de potássio, a cultivar Rio Paranaíba mostrou ser superior, exportando maiores quantidades de potássio para o grão. Nas doses de 45,0 e 90,0 ppm de potássio,

—	SE	$\hat{Y}=20,98+0,63X-0,024X^2+0,0002X^3$	$R^2=0,99$
----	DP	$\hat{Y}=18,12+0,41X-0,018X^2+0,00014X^3$	$R^2=0,99$
-.-.-	DF	$\hat{Y}=9,32-0,325X+0,00248X^2$	$R^2=0,98$
---	DE	$\hat{Y}=11,73-0,258X+0,00191X^2$	$R^2=0,99$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 16. Exportação de potássio pelos grãos obtido da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras - MG. 1986.

QUADRO 15. Exportação média de potássio para o grão, em porcentagem, obtida da interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras - MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	17,72 a	14,14 a	4,82 a	5,94 a
Rio Paranaíba	19,62 a	16,58 a	1,36 b	7,30 a

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

não houve diferença significativa na exportação de potássio para o grão.

MALAVOLTA et alii (58) verificaram que, em 1000 kg de arroz em casca, a cultivar IAC-25 exportou para o grão 1,0 kg a mais de potássio que a cultivar IAC-47, em condições ótimas. Para BRAGA & YAMADA (10) essas diferenças na exigência de potássio estão em função das diferenças fisiológicas da planta.

QUADRO 16. Exportação média de potássio para o grão, em porcentagem, obtidos da interação dose de potássio x cultivares do arroz de sequeiro, ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Doses de potássio - ppm			
	0 <u>1/</u>	22,5	45,0	90,0
IAC-25	17,10 a	11,82 b	7,76 a	5,93 a
Rio Paranaíba	13,14 b	15,09 a	8,92 a	7,71 a

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

1/ Teor natural de potássio do solo

4.5.4. Cálcio

Os Quadros 12 e 13 mostram o resumo de análise de variância para a extração e exportação de cálcio pela planta, respectivamente.

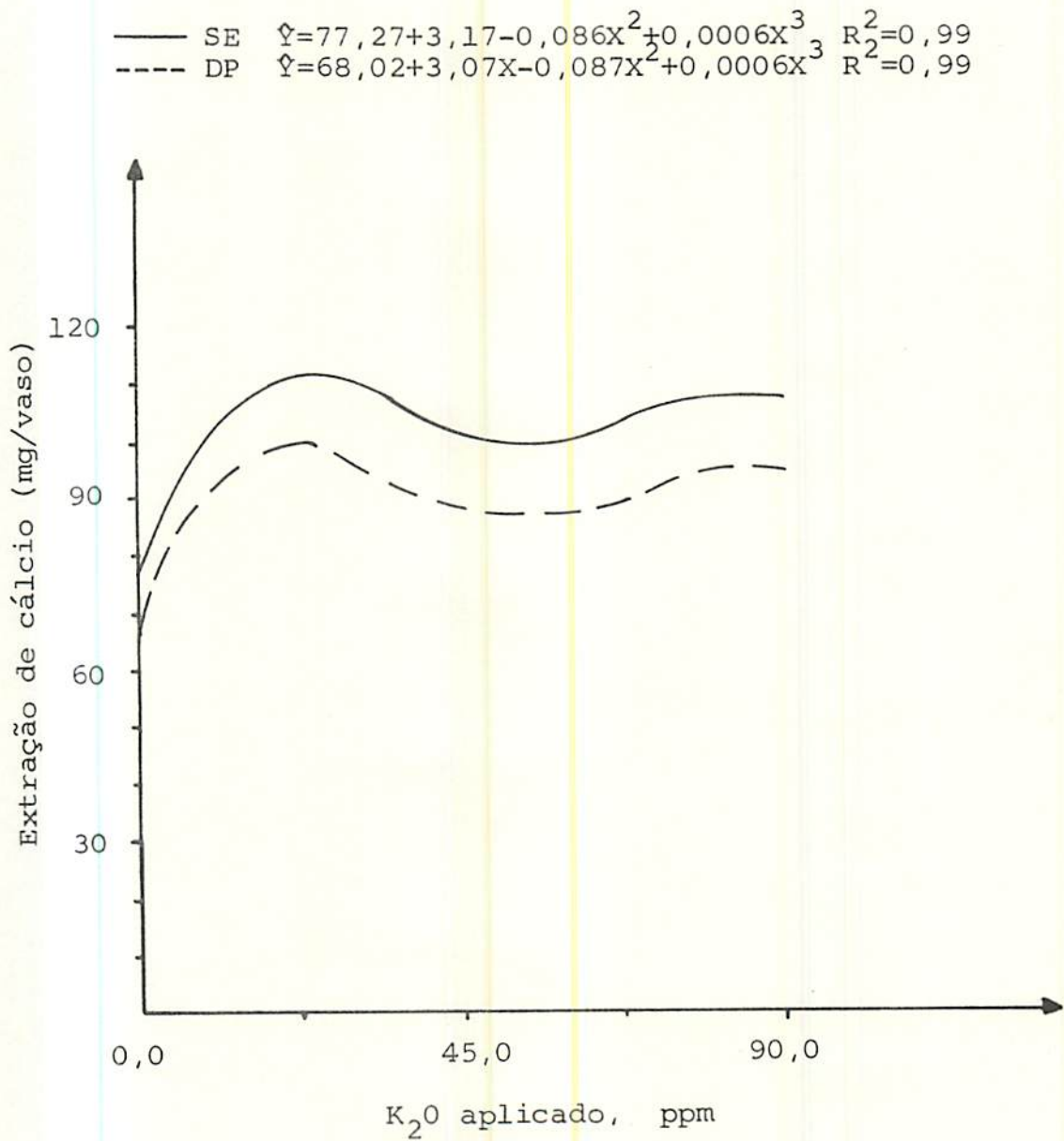
Nota-se que houve resultado significativo entre deficiência hídrica x dose de potássio; entre as cultivares, não houve diferença significativa na extração de cálcio pela planta. Na exportação de cálcio para o grão, houve diferença significativa entre os déficits hídricos, entre as doses de potássio e entre as cultivares.

Na interação entre déficit hídrico x dose de potássio (Quadro 12), só houve significância para a extração de cálcio nas doses aplicadas de potássio, para as plantas que não sofreram déficit hídrico e aqueles tratamentos que sofreram déficit hídrico no perfilhamento.

Com relação a Figura 17, verifica-se que, na extração de cálcio pelas plantas que não sofreram déficit hídrico e sofreram déficit hídrico no perfilhamento, foi obtido um efeito cúbico para as doses crescentes de potássio.

Constatou-se, inicialmente, que a extração de cálcio foi baixa, no nível zero de potássio, depois houve um aumento no nível de 22,5 ppm de K_2O ; tendo em seguida decaído um pouco (45,0 ppm de K_2O) e, no nível mais alto (90,0 ppm de K_2O), tornou a aumentar a extração de cálcio pela planta de arroz.

Este efeito obtido, inicialmente, onde a extração de cálcio começou baixa e foi aumentando até o nível de 22,5 ppm de potássio, é devido à baixa dose de potássio aplicado, favorecendo a maior absorção de cálcio pelas plantas. Olhando o Quadro 27, verifica-se que os teores de cálcio na parte aérea foram mais al



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento

FIGURA 17. Extração de cálcio pela planta obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

QUADRO 17. Exportação média de cálcio para os grãos, em percentagem; obtida quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico nos estádios de desenvolvimento, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Sem estresse	Deficiência hídrica		
	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
2,63 a	2,05 b	0,18 d	0,98 c

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

A Figura 18 está representando a equação de regressão para a exportação de cálcio em função das doses crescentes de potássio aplicada ao solo.

Observa-se que houve um efeito cúbico na exportação de cálcio pelo grão, obtendo um aumento na exportação de cálcio na faixa de 0 a 22,5 ppm de K_2O ; diminuindo na faixa de 22,5 a 45,0 ppm de K_2O e na faixa final de 45,0 a 90,0 ppm de K_2O tornando a aumentar a exportação de cálcio pelo grão.

Estes resultados também estão em função dos teores de potássio no grão, produção de grãos e o antagonismo existente entre o cálcio e o potássio.

No nível de 22,5 ppm de potássio, pelo Quadro 28, pode-se verificar uma maior concentração de cálcio no grão e no Quadro 5A,

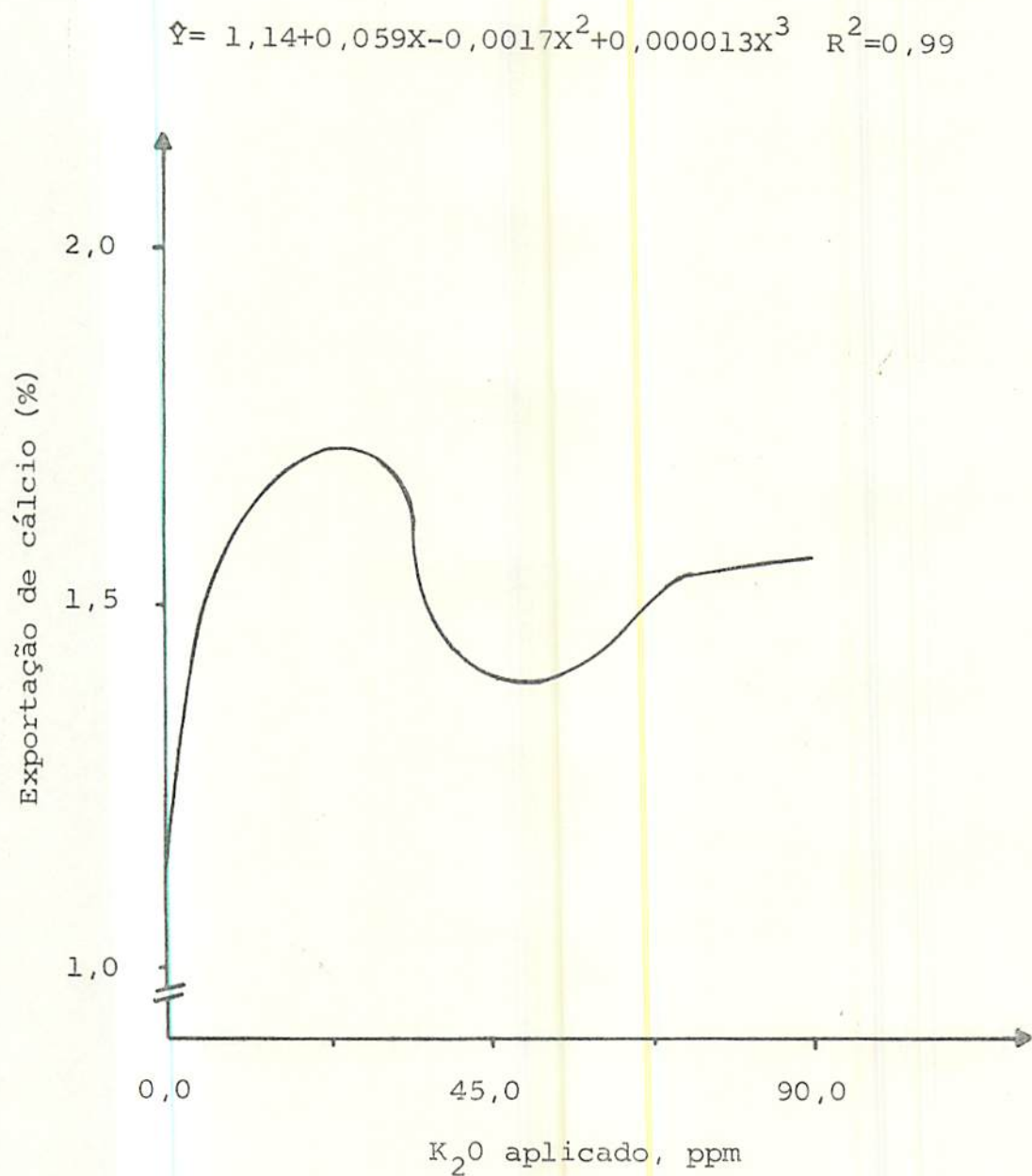


FIGURA 18. Efeito dos níveis de potássio aplicados ao solo, sobre a exportação de cálcio do arroz. Lavras-MG.1986.

menores produções de grãos. Nos níveis mais altos de potássio, o teor de cálcio diminui, devido ao antagonismo existente, FORNASIERI FILHO (29), mas a produção de grãos aumentou, relativamente, um pouco, aumentando a exportação de cálcio.

Entre as duas cultivares, a 'IAC-25' exportou para o grão, Quadro 18, maior quantidade de cálcio; MALAVOLTA et alii (58) encontraram diferença na exportação de cálcio para o grão, não verificando se esta diferença foi ou não significativa. Pelo Quadro 5B observa-se que a cultivar Rio Paranaíba produziu relativamente maior quantidade de grão e poderia ter ocorrido um efeito de diluição na exportação de cálcio para o grão, diminuindo a exportação, porque a extração de cálcio (Quadro 12) entre as duas cultivares foi igual.

QUADRO 18. Exportação de cálcio, em percentagem, para o grão, obtida entre as duas cultivares, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	
IAC-25	Rio Paranaíba
1,66 a	1,26 b

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

4.5.5. Magnésio

Com relação a extração e exportação do magnésio, os Quadros 12 e 13, respectivamente, revelam as diferenças significativas ocorridas.

Observa-se que a extração de magnésio (Quadro 12) e exportação de magnésio pelo grão (Quadro 13), se comportaram de maneira semelhante, obtendo diferença significativa na interação dose de potássio x deficiência hídrica. Com relação à interação deficiência hídrica x cultivares do arroz de sequeiro, houve diferença significativa somente para a extração de magnésio pela planta e significância para a interação dose de potássio x cultivares do arroz de sequeiro, para a exportação de magnésio para o grão.

Ainda no Quadro 12, o desdobramento da interação dose de potássio x deficiência hídrica, relevou que, para as plantas que sofreram ou não déficit hídrico, houve diferença significativa, com as doses crescentes de potássio, na extração de magnésio pela planta. Verificou-se, ainda, que as duas cultivares se diferenciaram na extração de magnésio, em algum ou alguns estádios, sob déficit hídrico ou não.

No Quadro 13, observando-se o desdobramento das interações, verifica-se que nas plantas que não sofreram estresse hídrico, nas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento e florescimento, houve diferença significativa, com as aplicações das doses de potássio, sobre a exportação de magnésio para o grão. E entre a interação dose de potássio x cultivares, foi encontrada diferença na ex

portação de magnésio para o grão, entre as cultivares com as aplicações de potássio, somente para as plantas que não sofreram o estresse hídrico.

A Figura 19 ilustra o efeito do potássio sobre a extração de magnésio, para as plantas que não sofreram déficit hídrico, sofreram déficit hídrico no perfilhamento, florescimento e enchimento dos grãos.

Observa-se que a aplicação de potássio promoveu um efeito quadrático positivo sobre as plantas que não sofreram déficit hídrico, sofreram déficit hídrico no perfilhamento e no enchimento de grãos, atingindo uma máxima extração de magnésio à 68,1, 58,7 e 58,7 ppm de K_2O . No estágio de florescimento, as doses de potássio refletiram em um efeito linear negativo, isto é, a extração de magnésio foi decrescente com as doses crescentes de potássio.

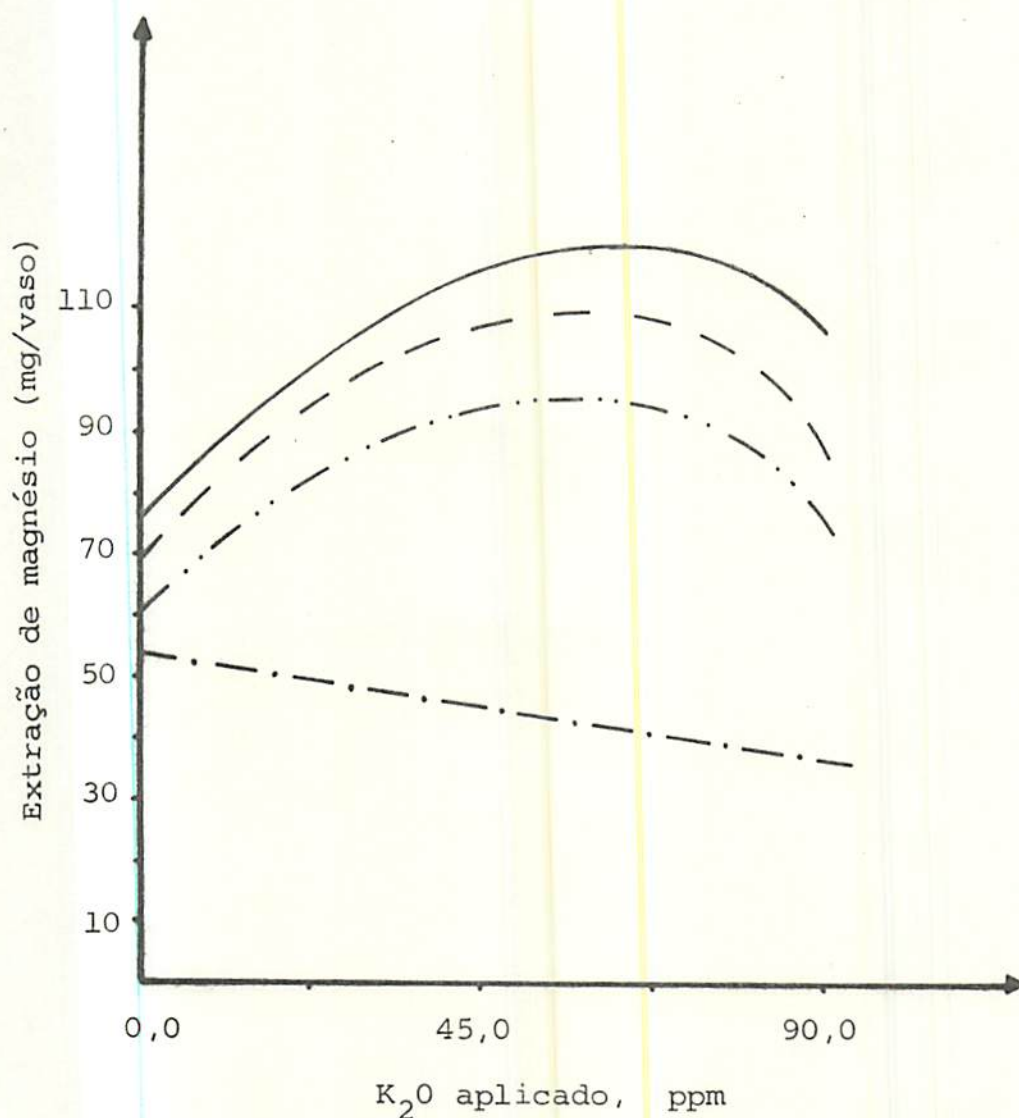
Nos estádios em que esse efeito, sobre a extração de magnésio, foi crescente (sem estresse, estresse no perfilhamento e estresse no enchimento de grãos), se deve ao fato do aumento do rendimento de matéria seca total (Figura 8). Com isso, a produção de matéria seca total, prevaleceu mais proporcionalmente que o teor de magnésio; mesmo observando no Quadro 27 que o teor de magnésio foi maior nos níveis mais baixos de potássio e que esse foi decaindo, com o aumento das doses de potássio, devido ao efeito antagônico que existe entre potássio x magnésio, FORNASIERI FILHO (29). Contudo, na dose mais alta, a extração de magnésio tendeu a decair, isto ocorre devido o rendimento de matéria seca total não ter aumentado proporcionalmente com a dose de potássio aplicada e

o teor de magnésio ser menor, puxando um pouco para baixo a extração de magnésio. ALVARENGA (1) e FURLANI et alii (30) encontraram aumento de matéria seca da raiz e parte aérea até um certo nível de potássio aplicado, após este nível não obtiveram resposta no peso de matéria seca.

No estágio de florescimento ocorreu o mesmo efeito na extração de magnésio, porém a produção de matéria seca total permaneceu constante, mas o teor de magnésio diminuiu com as doses crescentes de potássio (Quadro 27), portanto, diminuiu a extração de magnésio, como ilustra a Figura 19, mostrando que neste estágio em que foi aplicado o déficit hídrico, proporcionalmente, o efeito do teor de magnésio prevaleceu.

O Quadro 19 resume as diferenças médias ocorridas entre as cultivares na extração de magnésio. Nota-se que a cultivar Rio Paranaíba extraiu maior quantidade de magnésio, nas plantas que não sofreram déficit hídrico e nas que sofreram déficit hídrico no perfilamento. Nos estádios de florescimento e enchimento de grãos a extração foi idêntica para as duas cultivares. Isto ocorreu provavelmente, porque a produção de matéria seca total (Quadro 9D), das duas cultivares, mostrou-se igual a da extração de magnésio (Quadro 19). Verifica-se, pelo Quadro 9D, que a cultivar Rio Paranaíba mostrou, em média, maior peso de matéria seca total nas plantas sem estresse e estresse no perfilamento e igual peso de matéria seca total, nos estádios de florescimento e enchimento de grãos, uma vez que o teor de magnésio (Quadro 27), se manteve relativamente constante dentro dos estádios de déficit hídrico, demonstrando esse resultado obtido.

—	SE	$\hat{Y}=76,241+1,3288X-0,00976X^2$	$R^2=0,79$
---	DP	$\hat{Y}=69,525+1,3922X-0,01186X^2$	$R^2=0,82$
-.-	DF	$\hat{Y}=53,627-0,18104X$	$R^2=0,72$
....	DE	$\hat{Y}=61,53+1,1686X-0,00995X^2$	$R^2=0,97$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 19. Extração de magnésio pela planta, obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

QUADRO 19. Extração média de magnésio, mg/vaso, obtida da interação déficit hídrico x cultivares, no ensaio do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	96,56 b	82,75 b	48,44 a	79,87 a
Rio Paranaíba	108,69 a	102,88 a	44,55 a	82,33 a

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

A exportação de magnésio ilustrado pela Figura 20, mostra a influência das doses de potássio sob cada estágio de desenvolvimento que sofreu estresse hídrico.

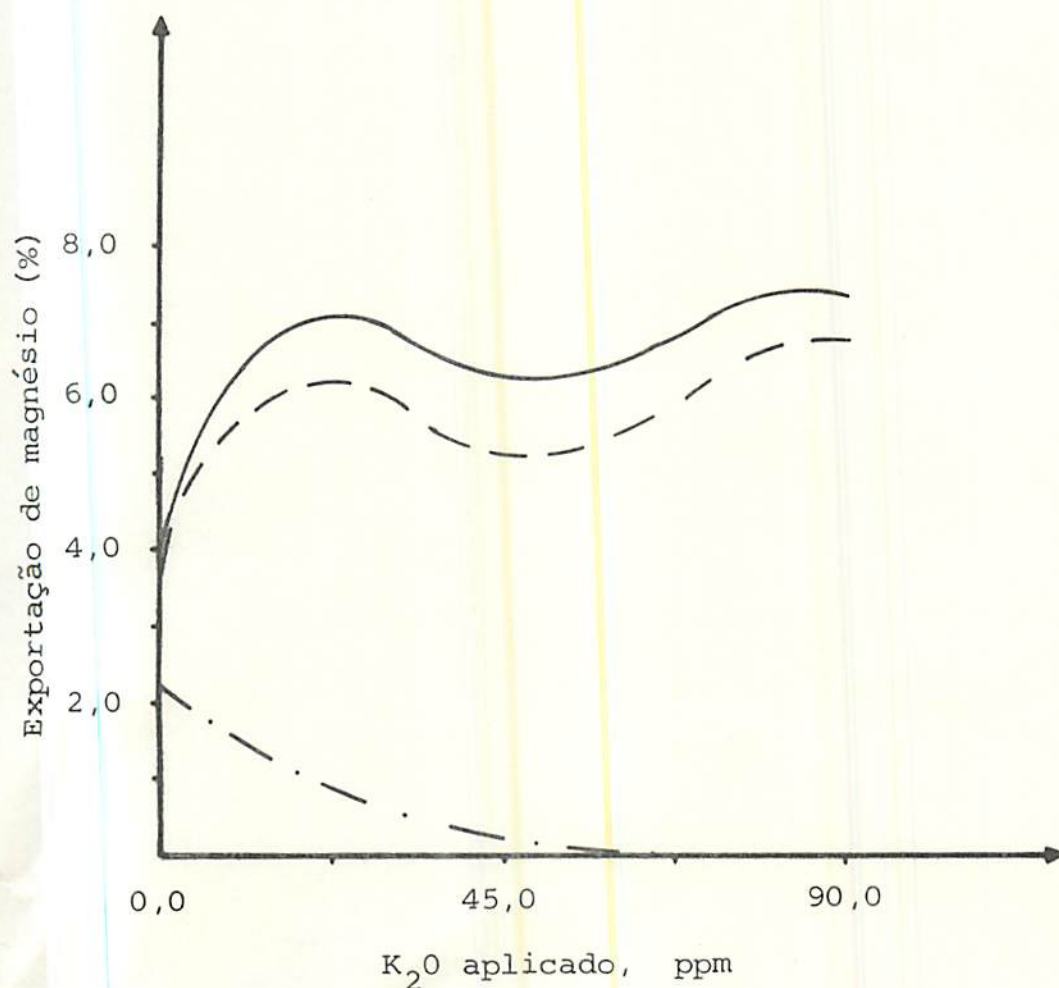
Com relação à exportação de magnésio pelas plantas que não sofreram déficit hídrico, as doses de potássio favoreceram, no geral a exportação de magnésio para o grão. Este efeito ocorreu devido à produção de grãos, que também aumentou com as doses crescentes de potássio, Figura 2. O teor de magnésio nos grãos tendeu a ser constante (Quadro 28), independente da cultivar e dose de potássio aplicada. Resultados idênticos também foram encontrados no estágio de perfilhamento.

No estágio de enchimento de grãos, a exportação de magnésio manteve-se constante, por se manterem constantes os 2 fatores que influenciam a exportação; teor de magnésio e produção de grãos. Observando-se o Quadro 28 e Quadro 5A, verificam-se estes resultados encontrados.

No estágio de florescimento, este resultado quadrático negativo ocorreu em razão da menor produção relativa de grãos (Quadro 5A), em função do menor número de grãos cheios e peso de 100 grãos, Quadro 6A e 7A, respectivamente, pois, nas doses mais altas de potássio, as plantas sofreram um efeito mais drástico do déficit hídrico, como já foi discutido anteriormente. Os grãos mantiveram um teor constante de magnésio (Quadro 28).

Com relação à exportação de magnésio para o grão, em função das doses de potássio x cultivares, verifica-se, pelo Quadro

—	SE	$\hat{Y}=4,09+0,27X-0,007X^2+0,00005X^3$	$R^2=0,99$
---	DP	$\hat{Y}=3,94+0,21X-0,006X^2+0,00005X^3$	$R^2=0,99$
-.-	DF	$\hat{Y}=2,174-0,0645X+0,000445X^2$	$R^2=0,98$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento.

FIGURA 20. Exportação de magnésio pelo grão obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

20, que apenas no estágio em que as plantas não sofreram déficit hídrico, a cultivar IAC-25 foi superior à Rio Paranaíba. Isto ocorreu, provavelmente, porque no nível zero de potássio, a cultivar IAC-25 apresentou relativamente um teor mais alto de magnésio (Quadro 28), favorecendo esta maior exportação de magnésio, mesmo observando que a cultivar Rio Paranaíba, neste estágio, obteve uma maior produção de grãos. Verificando-se, portanto, que o teor de magnésio influenciou a exportação de magnésio mais proporcionalmente que a produção de grãos.

QUADRO 20. Exportação média de magnésio para o grão, em porcentagem, obtida da interação dose de potássio x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Doses de potássio - ppm			
	0 <u>1/</u>	22,5	45,0	90,0
IAC-25	3,88 a	4,56 a	3,32 a	4,27a
Rio Paranaíba	2,44 b	3,87 a	3,66 a	4,38a

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

1/ Teor natural de potássio do solo

No geral, pode-se observar, que a média de exportação de magnésio para o grão esteve baixa, em torno de 3,80% do total extraído; segundo 29, 54 e 56, isto é esperado, uma vez que, o magnésio se concentra mais nas folhas, principalmente por fazer parte das moléculas de clorofilas, MALAVOLTA (50).

4.5.6. Enxofre

A análise de variância mostra pelos Quadros 12 e 13, a extração e exportação de enxofre pelas plantas.

No Quadro 12, verifica-se que houve interação significativa entre dose de potássio x deficiência hídrica na extração de enxofre pelas plantas. O desdobramento desta interação revelou que o resultado foi significativo para as plantas que não sofreram estrese hídrico e para as plantas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento. Entre cultivares, não houve diferença na extração de enxofre.

No Quadro 13, verifica-se que somente o estresse hídrico foi significativo para a exportação de enxofre para os grãos. Uma provável justificativa para esta baixa significância, entre os fatores e mesmo dentro dos fatores, seria o alto coeficiente de variação encontrado (CV=56,87%).

Pelo Quadro 21, observa-se que, tanto para as plantas que não sofreram déficit hídrico como para aquelas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento, a extração de enxofre foi maior para as 3 doses mais altas de potássio, isto é, 22,5, 45,0 e 90,0 ppm de K_2O aplicado. Nas plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento e enchimento de grãos, a extração de enxofre permaneceu a mesma, mesmo com o aumento das doses de potássio aplicadas ao solo.

Este resultado obtido para as plantas-controle (sem estresse) e estresse hídrico no perfilhamento, se deve ao fato de que, no

QUADRO 21. Extração média de enxofre, mg/vaso, obtida da interação dose de potássio x deficiência hídrica, no experimento do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras - MG. 1986*.

Doses de potássio ppm	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
0 <u>1/</u>	15,29 b	11,17 b	10,15 a	13,63 a
22,5	30,08 a	28,50 a	11,72 a	21,34 a
45,0	27,18 a	21,92 a	10,47 a	18,70 a
90,0	32,45 a	20,23 a	11,35 a	16,65 a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

1/ Teor natural de potássio do solo

geral, elas obtiveram maior rendimento de matéria seca total (Figura 8) nas doses mais altas de potássio, apesar dos teores de enxofre (Quadro 27) estarem bem divergentes.

No estágio de enchimento de grãos, os teores de enxofre foram mais altos para as doses mais baixas de potássio, (0 e 22,5 ppm de K_2O) e mais baixos para as doses mais altas de potássio (45,0 e 90,0 ppm de K_2O), com isso, contrabalanceou-se a extração de enxofre, obtendo-se uma extração constante de enxofre, visto que o rendimento de matéria seca inicialmente foi baixa (0 e 22,5 ppm de K_2O) e posteriormente aumentou (45,0 e 90,0 ppm de K_2O). A Figura 8, mostra, mais uma vez, que a extração de enxofre inicialmente estava mais em função do teor de enxofre e depois em função da matéria seca total.

No estágio de florescimento, tanto o rendimento de matéria seca total (Figura 8) quanto o teor de enxofre (Quadro 27) permaneceram constantes, no geral, obtendo-se, conseqüentemente uma extração de enxofre constante.

A exportação de enxofre para o grão, Quadro 22, foi maior para as plantas que não sofreram déficit hídrico e para aquelas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento, em relação às plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento e enchimento de grãos. Este resultado ocorreu em função da produção de grãos (Quadro 5A), que foi bem superior aos estádios de enchimento de grãos e florescimento; pois segundo STONE et alii (83) são os períodos mais críticos para a produção do arroz.

QUADRO 22. Exportação média de enxofre, em porcentagem, para o grão, obtida entre os estádios que sofreram déficit hídrico, no experimento do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Deficiência hídrica			
Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
22,06 a	23,26 a	3,58 b	8,57 b

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

Também vale ressaltar que, na média geral, apenas 14,4% do enxofre foi exportado para o grão, do total extraído pela planta. Segundo 29, 54 e 59, constatou-se que o enxofre extraído, se concentra mais nos colmos, se translocando pouco para os outros órgãos.

4.5.7. Cobre

Os Quadros 12 e 13 mostram a análise de variância, para a extração e exportação de cobre pelo arroz, respectivamente. Pode-se notar significância entre as doses de potássio, entre os déficits hídricos e a interação dose de potássio x déficit hídrico, para a extração de cobre. Na exportação de cobre, o déficit hídrico, as cultivares, a interação déficit hídrico x dose de potássio e déficit hídrico x cultivares, foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com o desdobramento da interação dose de potássio x déficit hídrico, só não houve significância para as plantas que sofreram déficit hídrico no florescimento para extração de cobre (Quadro 12). Quanto a exportação de cobre (Quadro 13), só houve significância para o estresse no estágio de florescimento.

Através da Figura 21, observa-se um efeito quadrático para a extração de cobre, em função das doses de potássio, para as plantas que não sofreram déficit hídrico, nas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento e enchimento de grãos; obtendo a máxima extração ao nível de 63,8, 68,1 e 61,9 ppm de K_2O , respectiva -

mente.

Estes resultados podem ser explicados, segundo o rendimento de matéria seca total. Observando-se a Figura 8, verifica-se um aumento no peso de matéria seca total com o aumento das doses de potássio. Portanto, a extração de cobre seguiu este peso de matéria seca total, além do que, o teor de cobre na parte aérea (Quadro 27), em geral, permaneceu constante nos vários níveis de potássio.

As cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba extraíram a mesma quantidade de cobre (Quadro 12).

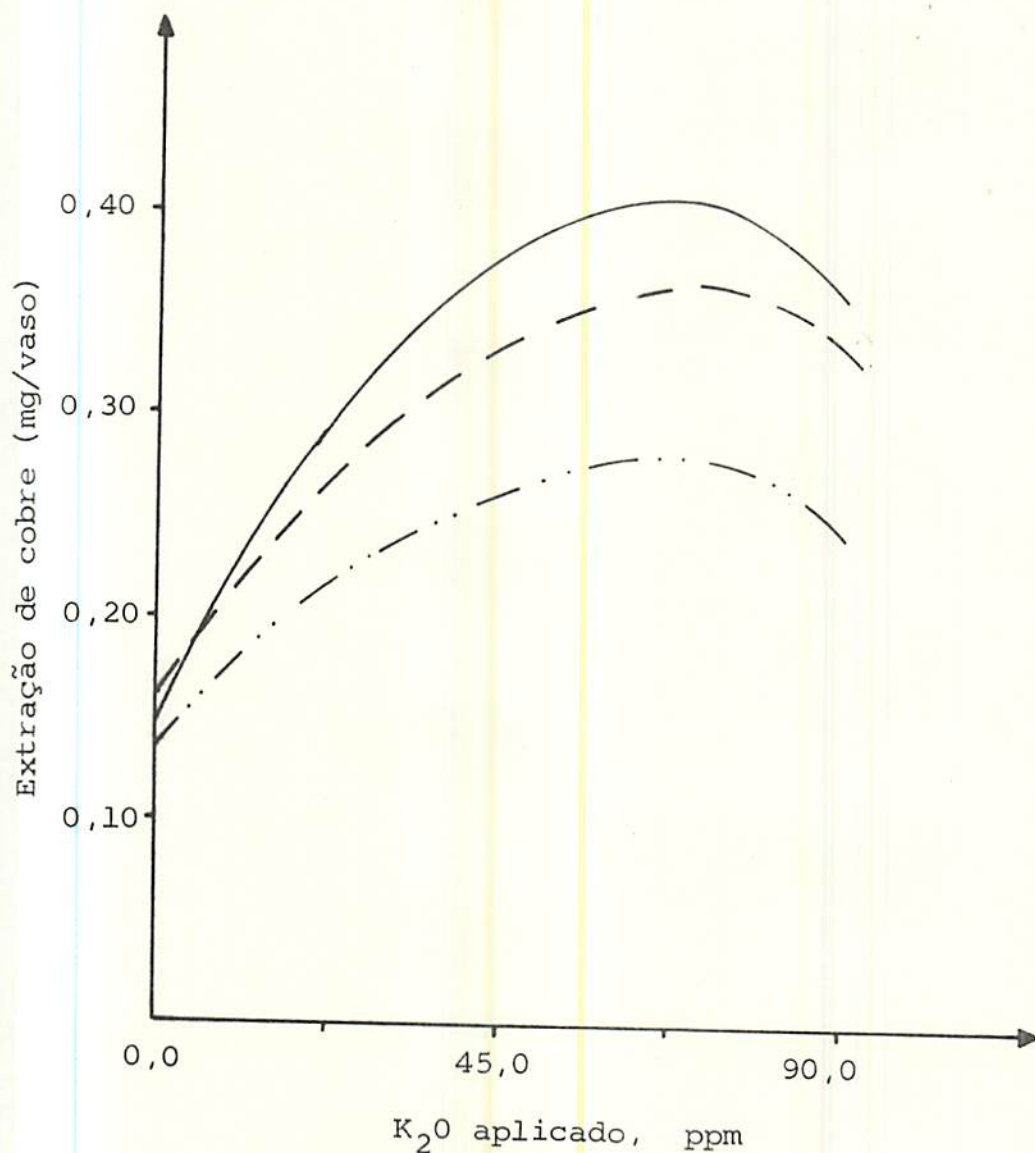
A exportação de cobre pelo grão, Figura 22, mostra um efeito linear negativo para as plantas que sofreram estresse hídrico no florescimento em função das doses crescentes de potássio. Para as plantas-controle (sem estresse), para as plantas que sofreram estresse no perfilhamento e enchimento de grãos o efeito foi constante.

Segundo se verifica no Quadro 5A, a produção de grãos tendeu a decair nos níveis mais altos de potássio aplicados ao solo, puxando a exportação de cobre para baixo, como ilustra a Figura 22, demonstrando este resultado obtido no florescimento.

Nos estádios em que não houve significância (sem estresse, perfilhamento e enchimento de grãos), foi, provavelmente, devido ao alto coeficiente de variação ($CV\%=35,9$) obtido.

Com base nos resultados mostrados no Quadro 23, sobre a interação déficit hídrico x cultivares do arroz de sequeiro, veri-

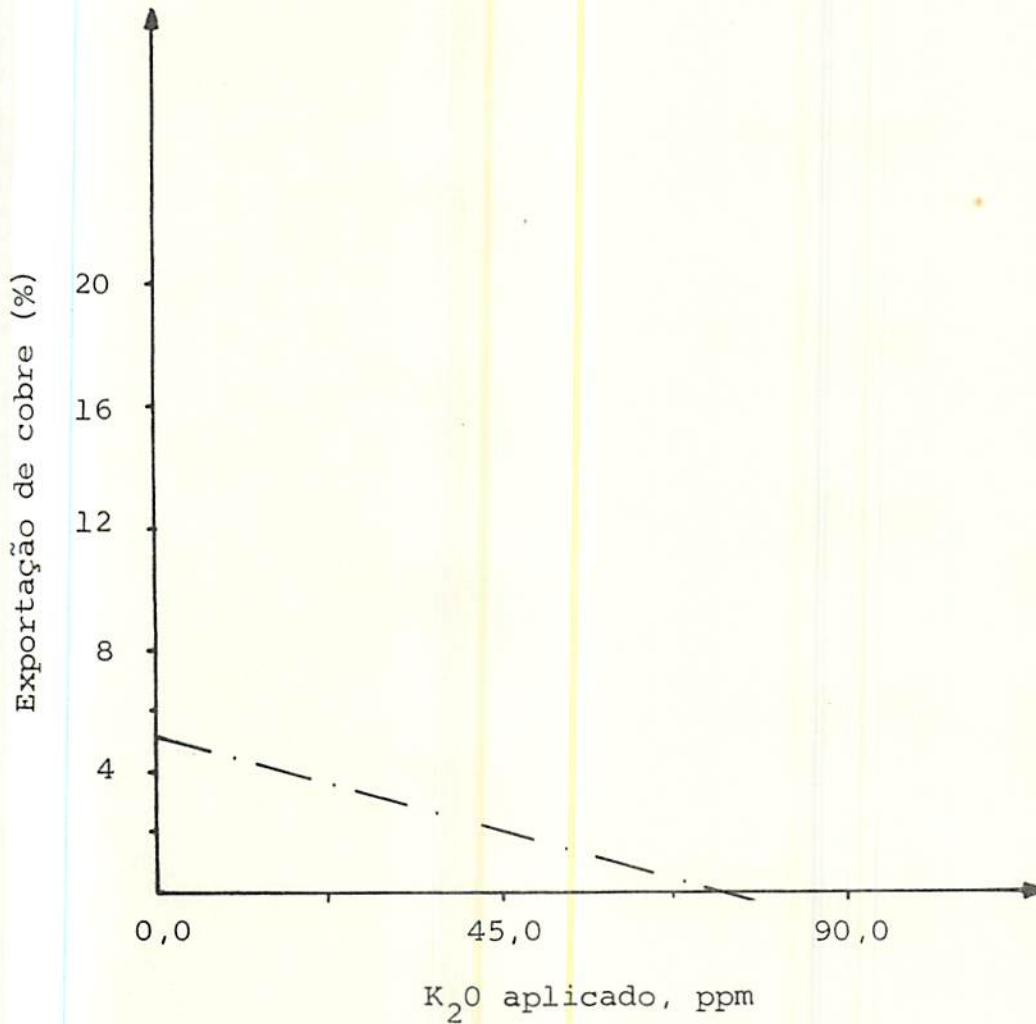
—	SE	$\hat{Y}=0,150+0,0079X-0,000062X^2$	$R^2=0,98$
---	DP	$\hat{Y}=0,163+0,0056X-0,000041X^2$	$R^2=0,79$
-.-	DE	$\hat{Y}=0,137+0,0044X-0,000035X^2$	$R^2=0,98$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 21. Extração de cobre pela planta obtida da interação do se de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras - MG. 1986.

$$- \text{DF} \quad \hat{Y} = 5,2217 - 0,06983X \quad R^2 = 0,72$$



DF= déficit no florescimento

FIGURA 22. Exportação de cobre pelo grão obtida da interação do se de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

fica-se que à cultivar IAC-25 exportou, em média, maiores quantidades de cobre para o grão, em relação à cultivar Rio Paranaíba, nas plantas que não sofreram estresse hídrico e naquelas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento. Nos outros estádios de déficit hídrico a exportação se mostrou igual para as duas cultivares.

Assim sendo, os resultados obtidos, na exportação de cobre para o grão, demonstraram, estar mais proporcionalmente em função do teor de cobre (Quadro 27), que translocou para o grão menores quantidades de cobre, uma vez que, a quantidade de cobre extraída foi igual para as duas cultivares em estudo (Quadro 12); apesar da cultivar Rio Paranaíba ter produzido maiores quantidades de grãos, nestes dois tratamentos (sem estresse e estresse no perfulhamento).

Estudos realizados em solução nutritiva, MALAVOLTA et alii (58) verificaram que a cultivar IAC-47 exportou para o grão, em média, 7,3% a mais de cobre do que a cultivar IAC-25.

Além disso, podemos verificar que, na média geral, a exportação de cobre para o grão foi baixa ($\bar{m}=12,0\%$) do total absorvido. Isto é comum ocorrer, visto que o cobre se concentra mais nos colmos, FORNASIERI FILHO (29) e raízes, MALAVOLTA et alii (54) e MALAVOLTA et alii (56).

QUADRO 23. Exportação média de cobre, em porcentagem, obtida da interação déficit hídrico x cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	Deficiência hídrica			
	Sem estresse	Déficit no perfilhamento	Déficit no florescimento	Déficit no enchimento de grãos
IAC-25	22,07 a	21,99 a	3,70 a	8,08 a
Rio Paranaíba	14,50 b	16,54 b	1,25 a	7,53 a

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

4.5.8. Manganês

As análises de variância revelaram efeito significativo, da interação dose de potássio x déficit hídrico, para a extração e exportação de manganês pelas plantas, Quadros 12 e 13, respectivamente. Também se obteve significância entre as cultivares, na exportação de manganês para o grão, Quadro 13.

O desdobramento da interação dose de potássio x déficit hídrico na extração de manganês (Quadro 12) mostrou efeito significativo para as plantas que não sofreram estresse hídrico, as que sofreram déficit hídrico no perfilhamento e enchimento de grãos.

Com relação à exportação de manganês para o grão (Quadro 13), o efeito significativo ocorreu somente naquelas plantas que não sofreram estresse hídrico e naquelas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento, na interação dose de potássio x déficit hídrico.

A análise de regressão para as doses de potássio ilustra o efeito quadrático deste, na presença dos déficits hídricos, sobre a extração de manganês pelas plantas (Figura 23). Analisando a Figura 23, verifica-se que esses efeitos quadráticos foram crescentes, para as doses crescentes de potássio; atingindo a máxima extração de manganês a 71,7, 73,9 e 61,7 ppm de K_2O , respectivamente, para as plantas sem estresse (controle), plantas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento e enchimento de grãos.

Este resultado obtido se deve ao fato do aumento do peso de matéria seca total (Figura 8), em decorrência das doses crescentes de potássio aplicado. Além de um ligeiro aumento no teor de manganês nas plantas, nas doses mais altas de potássio (Quadro 27).

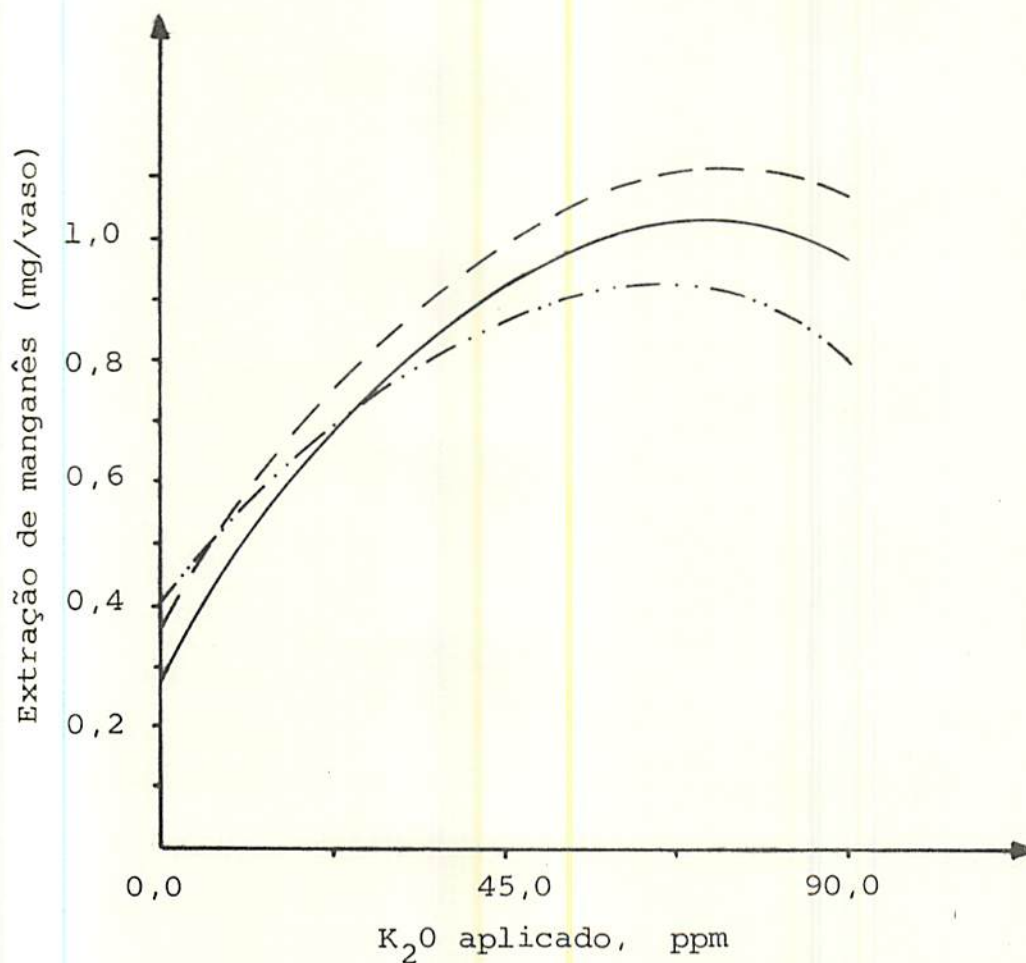
Na exportação de manganês para o grão, ilustrada pela Figura 24, verifica-se um efeito quadrático positivo. Isto é, a exportação de manganês pelo grão aumentou até as doses de 56,8 e 62,4 ppm de K_2O , respectivamente, para as plantas testemunhas e as que sofreram estresse no perfilhamento.

Nota-se, através da produção de grãos (Figura 2) que a exportação de manganês seguiu os mesmos padrões, demonstrando haver dependência, entre o peso de matéria seca dos grãos e exportação de manganês pelo grão.

Com relação às cultivares do arroz de sequeiro, através do Quadro 24, nota-se que a cultivar IAC-25 exportou para o grão, maiores quantidades de manganês, apesar das duas cultivares terem extraído a mesma quantidade de manganês do solo (Quadro 12). MALAVOLTA et alii (58), verificaram que, apesar da cultivar IAC-47 ter extraído menores quantidades de manganês, a mesma exportou maiores quantidades, em porcentagem, para o grão, em relação à cultivar IAC-25.

Entre os vários tratamentos, pode-se notar que foi exportado para o grão, em média, 6,43% do total do manganês extraído. Segundo 29, 56 e 58 estudando a marcha de absorção para o manganês, encontraram maiores teores nas folhas, fazendo parte da atividade fotossintética, MALAVOLTA (50).

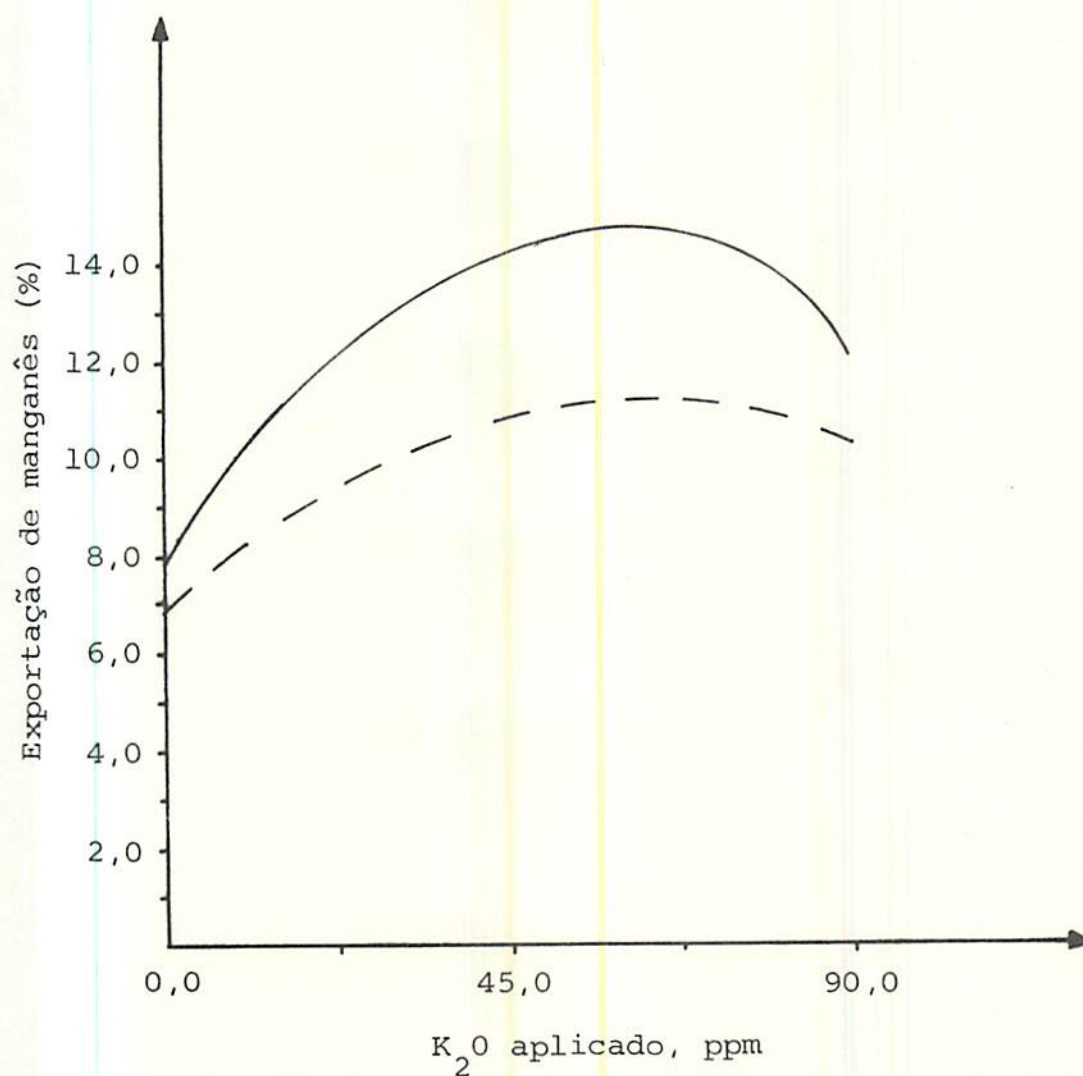
—	SE	$\hat{Y}=0,284+0,0205X-0,000143X^2$	$R^2=0,99$
- - -	DP	$\hat{Y}=0,368+0,0199X-0,000135X^2$	$R^2=0,99$
- . . -	DE	$\hat{Y}=0,400+0,0165X-0,000134X^2$	$R^2=0,98$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento; DE=déficit no enchimento de grãos.

FIGURA 23. Extração de manganês pela planta obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

— SE $\hat{Y}=7,764+0,2331X-0,00205X^2$ $R^2=0,69$
 - - - DP $\hat{Y}=6,887+0,1347X-0,00108X^2$ $R^2=0,82$



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento

FIGURA 24. Exportação de manganês pelo grão obtida da interação dose de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

QUADRO 24. Exportação média de manganês, em porcentagem, para o grão, obtida entre as duas cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*.

Cultivares	
IAC-25	Rio Paranaíba
6,96 a	5,91 b

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

4.5.9. Zinco

O efeito da aplicação de potássio nas plantas que sofreram ou não estresse hídrico, sobre as quantidades de zinco extraídas e exportadas pelas cultivares do arroz de sequeiro, está apresentadas nos Quadros 12 e 13.

A quantidade de zinco extraída e exportada pelas plantas, foi significativamente afetada pelos déficits hídricos, dose de potássio e cultivares. Entretanto, nota-se também significância para a interação dose de potássio x déficit hídrico, (Quadro 12 e 13).

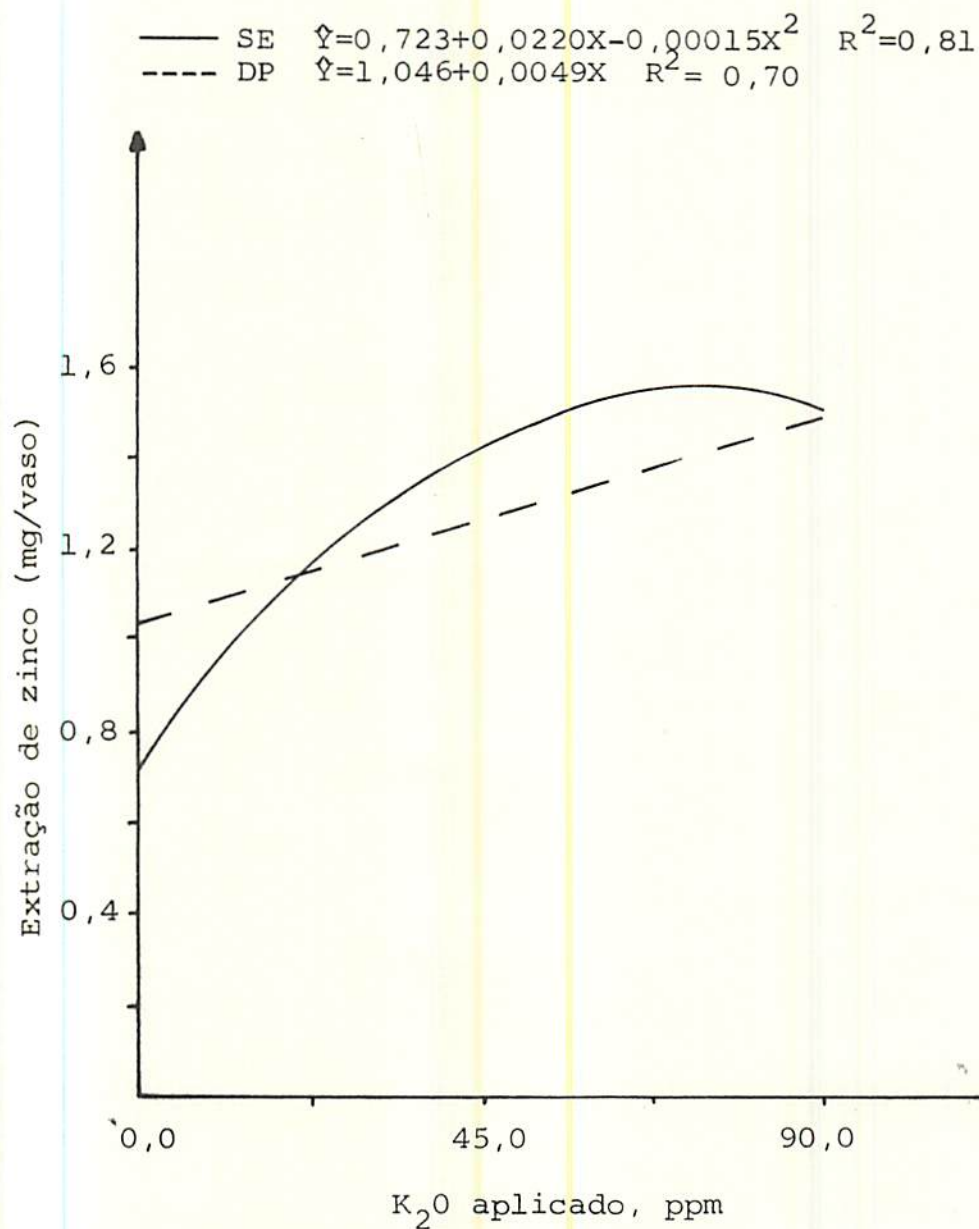
Com relação à interação déficit hídrico x dose de potássio (Quadro 12) para a quantidade de zinco extraída, verifica-se que o efeito foi significativo, para as plantas que não sofreram estresse hídrico e aquelas que sofreram no perfilhamento.

Para a quantidade de zinco exportada para o grão, Quadro 13, verifica-se que só houve significância para as plantas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento e florescimento para a interação dose de potássio x déficit hídrico.

A aplicação de potássio resultou em aumentos significativos na extração de zinco, para as plantas testemunhas (sem estresse) e estresse no perfilhamento, Figura 25. Quanto aos déficits no florescimento e enchimento de grãos, a extração de zinco permaneceu constante, para as doses de potássio.

Pode-se notar que, para as plantas que não sofreram o efeito do estresse hídrico, houve um efeito quadrático positivo com a aplicação das doses crescentes de potássio com um coeficiente de correlação igual a $r^2=0,99$. Para as plantas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento houve um efeito linear positivo com um coeficiente de correlação igual a $r^2=0,70$, para as doses de potássio aplicado, sobre a extração de zinco pela planta (Figura 25).

Estes resultados obtidos, nas plantas sem estresse e déficit hídrico no perfilhamento, estão em função do peso de matéria seca total (Figura 8) e da concentração do nutriente na palha (Quadro 27). No geral, a concentração de zinco foi maior para o nível mais baixo de potássio e menores para as doses de potássio mais alta, contudo, não chegou a influenciar a extração de zinco, conseqüentemente, houve predominância do rendimento de matéria seca total. Segundo USHERWOOD (87) as interações entre nutrientes reflitam numa mudança na disponibilidade dos nutrientes para a



SE=sem estresse; DP=déficit no perfilhamento

FIGURA 25. Extração de zinco pela planta obtida da interação do se de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

planta e/ou uma alteração na eficiência do elemento no desenvolvimento fisiológico na planta, porém essa provável interação entre o K e Zn não chegou a influenciar a extração de zinco pelas plantas.

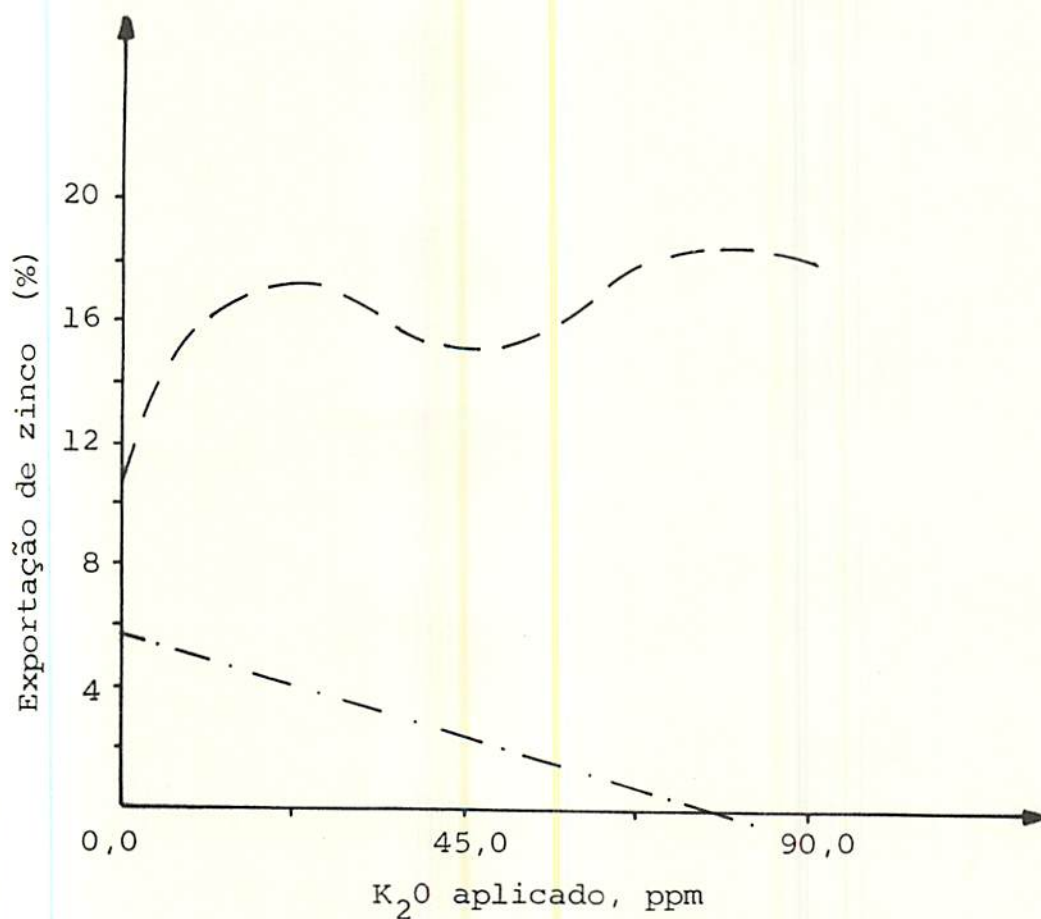
Os resultados apresentados na Figura 26 mostram que a exportação de zinco para o grão, para as plantas que sofreram déficit hídrico no perfilhamento, no geral, foi crescente para as doses crescentes de potássio; a exportação de zinco no estágio de florescimento sob déficit hídrico, foi decrescente, para as doses crescentes de potássio.

Nas plantas que não sofreram estresse hídrico, a diferença no teor de zinco entre a dose mais baixa e a dose mais alta de potássio, fez com que a exportação de zinco permanecesse constante; pois, verifica-se que a produção de grãos foi maior e o teor de zinco foi menor, nas doses mais altas de potássio; enquanto que, o teor de zinco foi maior nas doses mais baixa de potássio e a produção de grão foi menor, portanto, constatando-se o efeito da matéria seca e o teor de zinco atuando na exportação de zinco para o grão. Segundo FORNASIERI FILHO (29) e SCALCO (71) isso é possível ocorrer.

No estágio de perfilhamento e enchimento de grãos, esse mesmo efeito não foi observado, devido ao fato de que a diferença no teor de zinco, entre as doses mais baixas de potássio e as doses mais altas de potássio foi pequena e a mesma apresentou um alto coeficiente de variação ($CV\%=31,78$), portanto, a exportação de zinco foi mais influenciada, proporcionalmente, pela produção de

$$\text{--- DP } \hat{Y} = 10,75 + 0,59X - 0,016X^2 + 0,00012X^3$$

$$\text{-.- DF } \hat{Y} = 5,5837 - 0,06935X \quad R^2 = 0,85$$



DP=déficit no perfilhamento; DF=déficit no florescimento

FIGURA 26. Exportação de zinco pelo grão obtida da interação do se de potássio x déficit hídrico, do arroz. Lavras-MG. 1986.

grãos (Figura 2), que variou mais.

Para o estágio de florescimento, esse efeito linear negativo, já era esperado devido ao fato de que, na dose mais alta de potássio, a produção de grãos foi nula, resultando-se um teor nulo de zinco, conseqüentemente, exportação nula, Figura 26.

Com relação à exportação de zinco, à 'IAC-25' mostrou ser superior à cultivar Rio Paranaíba, Quadro 26, isto se deve, provavelmente, ao efeito de diluição do zinco na planta, uma vez que, a quantidade de zinco extraída (Quadro 12) entre as duas cultivares foi oposto ao verificado (Quadro 25) na exportação.

Verificando-se o teor de zinco entre as duas cultivares, a produção de grãos e a produção de matéria seca total veremos o que ocorreu. Nos Quadros 27 e 28, notamos que o teor de zinco da cultivar IAC-25 foi bem superior, pelo fato de sofrer menos o efeito de diluição, devido ao peso de matéria seca total e à produção de grãos serem menores. Conseqüentemente, o efeito compensador do teor de zinco no grão fez com que a cultivar IAC-25 superasse a Rio Paranaíba na exportação de zinco para o grão. MALAVOLTA et alii (58), estudando o comportamento entre as cultivares IAC-47 e IAC-25, verificaram que elas extraíram a mesma quantidade de zinco, porém, a cultivar IAC-47 exportou 11,2% a mais de zinco para o grão.

Nos Quadros 25 e 26, podemos verificar as diferenças ocorridas na extração e exportação de zinco pelas plantas, respectivamente.

QUADRO 25. Extração média de zinco, mg/vaso, obtida entre as duas cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG.1986*

Cultivares	
IAC-25	Rio Paranaíba
0,88 b	1,06 a

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

Para a extração de zinco (Quadro 25), verifica-se que a cultivar Rio Paranaíba extraiu maior quantidade de zinco em relação a cultivar IAC-25. Este resultado ocorrido se deve, provavelmente, ao maior rendimento de matéria seca total (Quadro 30) e o teor de zinco (Quadro 27), que foi bem superior para a cultivar Rio Paranaíba.

QUADRO 26. Exportação média de zinco, em porcentagem, para o grão, obtida entre as duas cultivares do arroz de sequeiro. ESAL, Lavras-MG. 1986*

Cultivares	
IAC-25	Rio Paranaíba
12,64 a	8,95 b

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

No geral, entre os vários tratamentos, a exportação de zinco para o grão variou entre 22,5 e 0,0%. Este resultado concorda com os obtidos por 29, 54 e 56.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo, conclui-se que:

5.1. A aplicação de doses crescentes de cloreto de potássio (0 a 90,0 ppm de K_2O)

5.1.1. Sem estresse hídrico

a) aumentou a altura das plantas, produção de grãos, número de grãos cheios por vaso, matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total, total e o índice de colheita;

b) aumentou a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, zinco e a exportação de nitrogênio, magnésio e manganês; e

c) diminuiu a exportação de potássio.

5.1.2. Déficit hídrico no estágio de perfilhamento

a) aumentou a altura das plantas, produção de grãos, número de grãos cheios por vaso, matéria seca das raízes, da parte

aérea, da parte aérea total e total;

b) aumentou a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, zinco e a exportação de nitrogênio, magnésio, manganês e zinco; e

c) diminuiu a exportação de potássio.

5.1.3. Déficit hídrico no estágio de florescimento

a) diminuiu o número de grãos cheios por vaso, peso de 100 grãos e o índice de colheita;

b) aumentou a extração de potássio e diminuiu a extração de magnésio; e

c) diminuiu a exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cobre e zinco.

5.1.4. Déficit hídrico no estágio de enchimento de grãos

a) aumentou a altura das plantas, a matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total;

b) aumentou a extração de fósforo, potássio, magnésio, cobre e manganês; e

c) diminuiu a exportação de potássio e nitrogênio.

5.2. Com relação às cultivares Rio Paranaíba e IAC-25

5.2.1. Sem estresse hídrico

a) a cultivar Rio Paranaíba foi superior à cultivar IAC-25 na produção de grãos, matéria seca da parte aérea, da parte aérea total e total;

b) com relação à altura das plantas, número de grãos cheios por vaso, peso de 100 grãos, matéria seca das raízes e relação parte aérea total/raízes; as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, não apresentaram diferença significativa;

c) a cultivar Rio Paranaíba extraiu maiores quantidades de magnésio e exportou para o grão menores quantidades de cobre, do que a cultivar IAC-25; e

d) tanto a cultivar IAC-25 como a cultivar Rio Paranaíba exportaram, para o grão, a mesma quantidade de potássio e extraíram iguais quantidades de nitrogênio.

5.2.2. Déficit hídrico no estágio de perfilhamento

a) a cultivar Rio Paranaíba foi superior à cultivar IAC-25 na produção de grãos, número de grãos cheios por vaso, matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total;

b) para a altura das plantas, peso de 100 grãos e relação parte aérea total/raízes as cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, se

mostraram iguais;

c) a cultivar Rio Paranaíba extraiu maiores quantidades de magnésio e exportou menores quantidades de cobre, para o grão, em relação à cultivar IAC-25; e

d) para a exportação de nitrogênio e potássio as cultivares IAC-25 e Rio Paranaíba exportaram a mesma quantidade de nutrientes.

5.2.3. Déficit hídrico no estágio de florescimento

a) a cultivar IAC-25 apresentou maiores números de grãos cheios por vaso, peso de 100 grãos e relação parte aérea total/raízes, em relação à cultivar Rio Paranaíba;

b) para as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, a altura das plantas, matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total se mostraram equivalentes; e

c) a cultivar IAC-25 exportou maiores quantidades de potássio do que a cultivar Rio Paranaíba; extraíram iguais quantidades de magnésio e exportaram iguais quantidades de nitrogênio e cobre para o grão.

5.2.4. Déficit hídrico no estágio de enchimento de grãos

a) a cultivar IAC-25 apresentou maior altura das plantas, matéria seca das raízes e menor peso de 100 grãos e relação parte aérea total/raízes, do que a cultivar Rio Paranaíba;

b) a produção de grãos, número de grãos cheios por vaso, matéria seca da parte aérea total e total, foi igual para as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba;

c) a exportação de potássio, a extração de magnésio e a exportação de cobre, foi idêntica para as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba; e

d) a cultivar Rio Paranaíba exportou para o grão maiores quantidades de nitrogênio, do que a cultivar IAC-25.

5.2.5. a) a cultivar IAC-25 exportou, para os grãos, maiores quantidades de potássio e magnésio. do que a cultivar Rio Paranaíba, naquelas plantas que não receberam adubação potássica;

b) para a dosagem de 22,5 ppm de K_2O somente a exportação de potássio para o grão da cultivar Rio Paranaíba foi superior à cultivar IAC-25 e, foi igual para as cultivares na exportação de magnésio;

c) nas dosagens de 45,0 e 90,0 ppm de K_2O as duas cultivares, IAC-25 e Rio Paranaíba, se mostraram idênticas na exportação de potássio e magnésio para o grão.

5.3. A cultivar IAC-25 exportou maiores quantidades de cálcio, manganês e zinco para o grão, em relação à cultivar Rio Paranaíba e, iguais quantidades de fósforo e enxofre.

5.4. A cultivar IAC-25 e Rio Paranaíba extraíram as mesmas quantidades de fósforo, potássio, cálcio, enxofre, cobre e manganês.

5.5. O estresse hídrico no estágio de florescimento foi o período mais crítico para o arroz, para a altura das plantas, produção de grãos, número de grãos cheios, por vaso, peso de 100 grãos, peso de matéria seca das raízes, da parte aérea, da parte aérea total e total para as duas cultivares em estudo.

5.6. Não pode ser verificado se o potássio atuou na resistência à seca devido às condições estressantes impostas no ensaio, porém verificou-se que a água foi o fator que mais afetou as plantas, seguida pelo potássio e, por fim, as cultivares.

5.7. As quantidades de nutrientes extraídas pelas plantas e exportadas pelos grãos variou em maior ou menor grau em função do nutriente em estudo, da dose de potássio, da cultivar, do teor do nutriente na parte da planta considerada, do peso de matéria seca e do estágio em que a planta sofreu o veranico.

6. RESUMO

Nas regiões produtoras do arroz de sequeiro, é comum a ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa. A intensidade e duração desse déficit hídrico apresenta influência marcante no desenvolvimento das plantas, principalmente, se ocorrer nos estádios mais críticos para o crescimento das plantas.

Este trabalho teve como objetivo, avaliar o comportamento de duas cultivares do arroz de sequeiro, 'IAC-25' e 'Rio Paranaíba' e verificar a eficiência da adubação potássica no desenvolvimento e componentes de produção, com períodos de déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. Sua instalação e condução foram efetuadas em casa de vegetação, no período de dezembro/85 a abril-maio/86 na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras-MG.

O delineamento experimental se constituiu de um fatorial 4 x 4 x 2 em blocos casualizados, com 3 repetições. Os fatores estudados foram o potássio, época de veranico e cultivares. Os níveis de potássio foram 0,0 ppm, 22,5 ppm, 45,0 ppm e 90,0 ppm de K_2O . As épocas de veranico em 3 estádios de desenvolvimento: sem

estresse hídrico, no início da diferenciação do primórdio floral (30 dias após germinação), no florescimento (65 dias após a germinação) e no enchimento de grãos (91 dias após a germinação) por um período de 10 dias. As cultivares foram 'IAC-25' e 'Rio Paranaíba'.

As parcelas do experimento foram constituídas de vasos plásticos, com capacidade para 6,0 litros e foi usado o solo de cerrado classificado como Cambissolo, textura franco arenoso; o teor de umidade do solo foi controlado por pesagens diárias, ocupando de 50 a 70% da VTP.

A colheita foi realizada quando as panículas apresentaram 2/3 superiores maduras. Foram analisadas as seguintes características: altura das plantas, números de grãos cheios/vaso, produção de grãos, peso de 100 grãos, matéria seca total, matéria seca da parte aérea total, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, índice de colheita, relação parte aérea total/raiz e, extração e exportação de macro e micronutrientes. Realizando-se, ainda, análises de regressão polinomial.

As principais conclusões do presente trabalho são as seguintes: a) o estresse hídrico no estágio de florescimento foi o período mais crítico para o arroz, na altura das plantas, produção de grãos, número de grãos cheios, peso de 100 grãos, peso de matéria seca da raiz, matéria seca da parte aérea, da parte aérea total, matéria seca total e para a extração e exportação de macro e micronutrientes; b) as quantidades de nutrientes extraídas pelas plantas e exportadas pelos grãos variaram em maior ou menor grau em função do nutriente em estudo, da dose de potássio, da cultivar,

do teor de nutriente na parte da planta considerada, do peso de matéria seca e do estágio em que a planta sofreu o veranico; c) as aplicações de doses crescentes de potássio (0,0 a 90,0 ppm de K_2O) aumentaram a altura das plantas, matéria seca total, matéria seca da parte aérea total, matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular para as plantas que não sofreram estresse hídrico (sem estresse) e para aquelas que sofreram o estresse hídrico no estágio de perfilhamento e enchimento de grãos. Aumentou-se o número de grãos cheios e a produção de grãos para as plantas que sofreram estresse hídrico no perfilhamento e para as plantas sem estresse (Testemunhas). Aumentou-se o índice de colheita para as plantas testemunhas. Diminuiu-se o número de grãos cheios, peso de 100 grãos e o índice de colheita, para as plantas que sofreram o estresse hídrico no estágio de florescimento; d) não pode ser verificado se o potássio atuou na resistência à seca, devido às condições estressantes impostas no ensaio; porém verificou-se que a água foi o fator que mais afetou as plantas, seguida pelo potássio e, por fim, as cultivares.

7. SUMMARY

EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZING ON CULTIVARS OF UPLAND RICE (Oryza sativa L.) UNDER WATER DEFICIT IN SOIL UNDER 'CERRADO' VEGETATION

In the upland rice producing regions, dryz periods are common during the rainy season. The intensity and duration of this water deficit presents a marked influence on the development of the plants particularly if it occurs in the stages most critical for the growth of the crop.

The objective of this work was to assess the behaviour of two cultivars of upland rice, 'IAC-25' and 'Rio Paranaíba' and to verify the efficiency of potassium fertilizer on the development and the yield components with periods of water deficit at different stages of development. The experiment was set up and conducted in the glasshouse during the period December 1985 to April-May 1986 at the Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), MG.

The experimental design used was a 4 x 4 x 2 factorial in randomized blocks with three replicates the factors studied were the potassium, time of the dry period and the cultivars. The levels of potassium were 0,0 ppm, 22,5 ppm, 45,0 ppm and 90,0 ppm K_2O .

The times of the dry periods at three development stages - at the beginning of the differentiation of flower primordia (30 days after germination) at flowering (65 days after germination) and at grain filling (91 days after germination) for a period of 10 days and without water stress were evaluated. The two cultivars used were 'IAC-25' and 'Rio Paranaíba'.

The experimental plots consisted of plastic pots with a capacity of 6,0 litres and a cerrado soil classified as cambissol with Loam sandy texture was used. Soil moisture was controlled by daily weighings, occupying 50 to 70% of TPV.

Harvest was carried out when the upper 2/3 of the panicles were mature. The following characteristics were analysed: plant height, number of full grain, grain yield, 100 grain weight, total dry matter, dry matter of the total aerial part, dry matter of the aerial part, dry matter of the root, harvest index, ratio of total aerial part/root and extraction and exportation of macro and micronutrients. Polynomial regression analysis were also carried out.

The principal conclusions of the present work are the following: a) water stress during the flowering stage was the most critical period for rice as regards plant height, grain yield, number of full grain, 100 grain weight, weight of root dry matter, dry matter of the aerial part, of the total aerial part, total dry matter and the extraction and exportation of macro and micronutrients; b) the quantities of nutrients extracted by the

plants and exported by the grains varied to a greater or lesser degree as a function of the nutrient studied, of the dosage of potassium, of the cultivar, of the level of the nutrient in the part of the plant studied, of the dry matter weight and of the stage in which the plant suffered the dry matter; c) the applications of the increasing dosages of potassium (0,0 to 90,0 ppm K_2O) increased plant height, total dry matter, dry matter of the total aerial part, dry matter of the aerial part and dry matter of the root system for the plants which did not suffer water stress (no stress) and those that suffered water stress at the tillering and grain filling stage; d) the number of full grains and the yield increased for the plants that suffered water stress at the tillering and grain filling stage and for the plants without stress (Control). The harvest index increased for the control plants. The number of full grains, 100 grain weight, and the harvest index decreased for the plants that suffered water stress during the flowering stage; it could not be verified if the potassium acted in the resistance to drought, due to the stress conditions imposed during the trial; however it was verified that the water was the factor that most affected the plants, followed by the potassium and finally the cultivars.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARENGA, A.A. Respostas morfo-fisiológicas de arroz de sequeiro e de irrigação ao potássio. Viçosa, UFV, 1979. 43p. (Tese MS).
2. ALVAREZ, E.I. & DE DATTA, S.K. Automatic feedback control to maintain constant soil moisture tension in the study of drought tolerance in rice. Soil Science Society of America Journal, Madison, 41(3):452-4, Jan./June 1977.
3. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1984. Rio de Janeiro, FIBGE, v. 45, 1985.
4. BANBA, H. & OHKUBO, T. Relationship between root distribution of upland crops and their yield. III. Influence of soil moisture levels on root distribution and root dry matter of upland - cultured paddy rice, crossbred rice of paddy rice and upland rice, and upland rice. Japanese Journal Crop Science, Tokyo, 50(1):1-7, 1981.

5. BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de potássio pelas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1 Londrina, 1982. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.213-26.
6. BEGG, J.E. & TURNER, N.C. Crop water deficits. Advances in Agronomy, New York, 28:161-217, 1976.
7. BERINGER, H. & NOTHDURFT, F. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: MUNSON, R.D., ed. Potassium in Agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1985. Cap.14, p.351-67. (Proceedings of an International Symposium, Atlanta, 1985).
8. BLACK, C.A. Potassium. In: _____. Soil - plant - relationships 2.ed. New York, John Willey, 1968. Cap.9, p.654-773.
9. BOYER, J.S. & McPHERSON, H.G. Physiology of water deficits in cereal crops. Advances in Agronomy, New York, 27:1-23, 1975.
10. BRAGA, J.M. & YAMADA, T. Uso eficiente de fertilizantes potássico. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA, 1984. p. 291-321.
11. BRUNINI, O.; GROHMANN, F. & SANTOS, J.M.dos. Blanço hídrico em condições de campo para dois cultivares de arroz sob duas densidades de plantio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 5(1):1-6, jan./abr. 1981.

12. BUENO, L.G.; NEIVA, L.C.S. & PURISSIMO, C. Informações gerais sobre arroz de sequeiro. Goiânia, ENGOPA, 1981. 80p. (Circular Técnica, 1).
13. CAMPELO JR., J.H. Avaliação da capacidade de extração da água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio. Piracicaba, ESALQ, 1985. 127p. (Tese Doutorado).
14. CHAUDHRY, M.S. & McLEAN, E.O. Comparative effects of flooded and unflooded soil conditions and nitrogen application on growth and nutrient uptake by rice plants. Agronomy Journal, Madison, 55(6):565-7, Nov./Dec. 1965.
15. CHERIAN, E.C.; PAULSEN, G.M. & MURPHY, L.S. Nutrient uptake by lowland rice under flooded and nonflooded soil conditions. Agronomy Journal, Madison, 60(5):554-7, Sept./Oct. 1968.
16. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
17. CRUZ, J.C.; BRANDÃO, S.S.; DEL GIUDICE, R.M.; FERREIRA, P.A. & LOUREIRO, B.T. Efeito de diferentes tensões de umidade no solo, em duas fases de desenvolvimento da planta, com relação ao crescimento e produção do arroz (*Oryza sativa* L.). Experientiae, Viçosa, 19(9):187-209, maio 1975.

18. CRUZ, R.T. & O'TOOLE, J.C. Dryland rice response to an irrigation gradient at flowering stage. Agronomy Journal, Madison, 76(2):178-83, Mar./Apr. 1984.
19. CUTLER, J.M.; SHAHAN, K.W. & STEPONKUS, P.L. Influence of water deficits and osmotic adjustment on leaf elongation in rice. Crop Science, Madison, 20(3):314-8, May/June 1980.
20. DE DATTA, S.K. & MIKKELSEN, D.S. Potassium nutrition of rice. In: MUNSON, R.D., ed. Potassium in Agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1985. Cap. 30, p.665-99. (Proceedings of an International Symposium, Atlanta, 1985).
21. DEL GIUDICE, R.M. Absorção cumulativa de nutrientes minerais em dois cultivares de arroz (Oryza sativa L.), cultivadas em três níveis de disponibilidade d'água. Piracicaba, ESAIQ, 1982. 143p. (Tese Doutorado).
22. _____; BRANDÃO, S.S.; GALVÃO, J.D. & GOMES, F.R. Irrigação do arroz por aspersão: profundidade de rega e limites d'água disponível. Experientiae, Viçosa, 18(5):103-23, set. 1974.
23. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Brasília, 1976. 150p.

24. ENYI, B.A.C. Comparative studies of upland and swamp rice varieties (Oryza sativa L.). I. Effect of soil moisture on growth and nutrient uptake. The Journal Agricultural Science, New Delhi, 71(1):1-13, Aug. 1968.
25. FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro, Campos, 1984. 34lp.
26. _____. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(3):259-65, jul. 1980.
27. _____. Manejo químico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO, 1, Jaboticabal, 1983. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. p.239 -60.
28. FERRAZ, E.C. Fisiologia da cultura do arroz. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO, 1, Jaboticabal, 1983. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. p.77-90.
29. FORNASIERI FILHO, D. Efeitos do N, P, K, S e Zn no desenvolvimento, composição mineral do arroz (Oryza sativa L.), cv. IAC-47 e IAC-435. Piracicaba, ESALQ, 1982. 157p. (Tese Doutorado).

30. FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C. & AZZINI, L.E. Variabilidade entre linhagens de arroz na absorção e utilização de potássio em solução nutritiva. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2):135-41, maio/ago. 1986.
31. FURLANI, P.R.; _____ & FURLANI, A.M.C. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. Bragantia, Campinas, 36(8):109-15, mar. 1977.
32. GALRÃO, E.Z. & LOPES, A.S. Deficiências nutricionais em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, Brasília, 1979. Resumos... Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1979. p.595-614.
33. GARGANTINI, H. & BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. Bragantia, Campinas, 24(38):515-28, set. 1965.
34. GORANTIWAR, S.M. & JAGGI, I.K. Note on the effect of different water regimes on growth and yield of three varieties of rice (Oryza sativa L.). The Indian Journal of Animal Sciences, New Delhi, 42(9):866-7, Sept. 1972.
35. HAEDER, H.E. Importância práctica de los resultados de investigación presentados en el coloquio. Revista de la Potasa; Sección 3. Biología, humus, Berna, (40a continuación): 1-10, 1971.

36. HALM, A.T. Effect of water regime on the growth and chemical composition of two rice varieties. Tropical Agriculture, Trinidad, 44(1):33-7, Jan. 1967.
37. HEENAN, D.P. & THOMPSON, J.A. Growth, grain yield and water use of rice grown under restricted water supply in New South Wales. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, Victoria, 24(124):104-9, Feb. 1984.
38. HERNANDEZ, J.L. Influencia del agua en el arroz. Arroz, Lima, 3(13):33-6, 1969.
39. HOFNER, W. La influencia que ejerce el potasio sobre la economía del agua. Revista de la Potasa; Sección 3.-Biología, Berna, (39a continuación):8-9, 1971.
40. HSIAO, T.C. & ACEVEDO, E. Plant responses to water deficits, water-use efficiency, and drought resistance. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 14(1/2):59-84, Nov. 1974.
41. HUBER, S. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: MUNSON, R.D., ed. Potassium in Agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1985. Cap.15, p.369-96 (Proceedings of an international symposium, Atlanta, 1985).

42. JONES, C.A. Effect of drought stress on percentage filled grains in upland rice. Tropical Agriculture, Trinidad, 58 (3):201-3, July 1981.
43. KOFFLER, N.F. A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no cerrado. Informações Agrônomicas, Piracicaba, (33):1-5, mar. 1986.
44. KRAMER, P.J. Plant and soil water relationships: a modern synthesis. New York, McGraw-hill, 1969. 482p.
45. _____. Water stress and plant growth. Agronomy Journal, Madison, 55(1):31-5, Jan./Feb. 1963.
46. LOPES, A.S. Solos sob cerrado; características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1984. 162.
47. LOPES, M.H.S. Efeitos do potássio e do cycocel, sobre algumas características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas do arroz (Oryza sativa L.), IAC-25 cultivado sob déficit hídrico. Lavras, ESAL, 1983. 80p. (Tese MS).
48. LUCHIARI JR., A.; RESENDE, M.; RITCHEY, K.D.; FREITAS JR., E. de & SOUZA, P.I.de M. Manejo do solo e aproveitamento de água. In: GOEDERT, W.J. Solos dos cerrados; tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel, 1986. p.285 - 322.

49. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 255p.
50. _____. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
51. _____. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. 3.ed. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. 91p. (Boletim técnico, 4).
52. _____. O potássio no solo. 4.ed. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. 79p. (Boletim técnico, 2).
53. _____ & CROCOMO, O.J. O potássio e a planta. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, Londrina, 1982. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.95-162.
54. _____; FLÓRIO, A.; ORELLANA, A.P.; CRUZ, A.P.; FRENHANI, A. A.; SILVA, A.T.; RODRIGUES, B.N.; NÓBREGA, C.; AZEREDO, D. F.; PAULO, E.M.; OLIVEIRA, F.A.; PEREIRA, H.H.G.; CABRAL, C. P.; PAVAN, L.H.S.; DARIO, L.A. & ANTONIOLLI, F.C. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. X. Marcha de absorção de micronutrientes pela variedade IAC-25. Anais da ESALQ. Piracicaba, 38(2):551-9, 1981.

55. MALAVOLTA, E.; NOBREGA, C.; AZEREDO, D.F.; PEREIRA, H.H.G.; CARNEIRO, I.F.; LEITE, J.S.T.; CHAVES, J.C.D.; DANIEL, L. A.; BERTO, B.N.A.; RUFINO, R.L.; STIPP, S.R.C.; RAMOS, J.V.; CABRAL, C.P.; PAVAN, L.H.S.; DÁRIO, L.A. & ANTONIOLLI, F. C. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XII. Efeitos das deficiências de macronutrientes nas variedades IAC-25 e IAC-47. Anais da ESALQ, Piracicaba, 38(2):643-68, 1981.
56. _____; PENNA, A.; FLÓRIO, A.; FRENHANI, A.A.; SILVA, A.T.; RODRIGUES, B.N.; PAULO, E.M.; COSTA, N.A.; SANTOS, P.M.; KATAYAMA, P.S.; NAVES, R.V.; AREVALO, R.A.; AMARAL, W.; PAVAN, L.H.S.; DARIO, L.A.; ANTONIOLLI, F.C. & CABRAL, C.P. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. VIII. Marcha de absorção de macronutrientes na variedade IAC-25. Anais da ESALQ, Piracicaba, 38(2):521-37, 1981.
57. _____; RIERA ACOSTA, A.V.; CARNAÚBA, B.A.A.; CIARELLI, D. M.; FRAZÃO, D.A.C.; PRADO, do H.; BERGAMASCHI, H.; MORTATTI, J.; SANTOS, O.L. dos & ROSSETTO, R. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XXII. Exigências nutricionais da variedade L-45 cultivada em solução nutritiva. Anais da ESALQ, Piracicaba, 40(2):891-920, 1983.

58. MALAVOLTA, E.; SILVA, J.C.A.; RODRIGUES, T.E.; SABINO, J.C.; GOMES, I.A.; CRUZ, A.P.; OLIVEIRA, A.P.; DAGHLIAN, C.; GUERRINI, I.A.; MAZZA, J.A.; CORREA, L.S.; SCHIAVUZZO, M.A.; COSTA, M.P.; CABRAL, C.P.; DARIO, L.A.; ANTONIOLLI, F.C. & PAVAN, L.H.S. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. VII. Exigências nutricionais das variedades IAC-25 e IAC-47. Anais da ESALQ, Piracicaba, 38(2):507-19, 1981.
59. MAMBANI, B. & LAL, R. Response of upland rice varieties to drought stress. I. Relation between root system development and leaf water potencial. Plant and Soil, The Hague, 73(1):59-72, Jan. 1983.
60. _____ & _____. Response of upland rice varieties to drought stress. II. Screening rice varieties by means of variable moisture regimes along a toposequence. Plant and Soil, The Hague, 73(1):73-94, Jan. 1983.
61. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Potassium in crop production. Advances in Agronomy, New York, 33:59-108, 1980.
62. _____ & _____. Principles of plant nutrition. 3.ed. Worblaufen, International Potash Institute, 1982. 655p.
63. MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; BOHNING, R.H. & FRATIANNI, D. G. Introdução à fisiologia vegetal. 2.ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1983. 710p.

64. MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração; a experiência brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, Londrina, 1982. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.289-303.
65. MORAIS, O.P.de; SANT'ANA, E.P.; CHATEL, M.; PRABHU, A. S. & CASTRO, E. de M. de. Melhoramento genético voltado para a cultura do arroz de sequeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO, 1, Jaboticabal, 1983. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. p.145-72.
66. OBERMUELLER, A.J. & MIKKELSEN, D.S. Effects of water management and soil aggregation on the growth and nutrient uptake of rice. Agronomy Journal, Madison, 66(5):627-32, Sept./ Oct. 1974.
67. O'TOOLE, J.C. & CRUZ, R.T. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. Plant Physiology, Philippines, 65(3):428-32, Mar. 1980.
68. PREÇOS e Custos. Agroinforme, Belo Horizonte, 3(27):1, jun. 1986.

69. REICHARDT, K. Como superar o veranico no cerrado. Informações Agronômicas, Piracicaba, (32):1-2, dez. 1985.
70. SANTOS, J.Q. Fertilizantes; fundamentos e aspectos práticos da sua aplicação. Mira-Sintra, Publicações Europa-América, 1983. 245p.
71. SCALCO, M.S. Efeito do manejo da água no crescimento e absorção de N, P, K, Fe, Mn e Zn pelo arroz (*Oryza sativa* L.), cv. "IAC-25". Lavras, ESAL, 1983. 90p. (Tese MS).
72. SILVA, J.B.S.da., coord. Fertilidade do solo. Lavras, ESAL, s.d. v.1, 154p. (Apostila).
73. SILVA, P.R.F. & STUTTE, C.A. Nitrogen loss in conjunction with transpiration from rice leaves as influenced by growth stage, leaf position, and N supply. Agronomy Journal, Madison, 73 (1):38-42, Jan./Feb. 1981.
74. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão Permanente de Trabalhos de Campo. Manual de métodos de trabalhos de campo; 2ª aproximação. Rio de Janeiro, Divisão de Pedologia e Fertilidade do solo, 1967. 33p.
75. STEINMETZ, S.; STONE, L.F. & AQUINO, A.R.L. O programa nacional de pesquisas com arroz e suas perspectivas. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1, Campinas, 1979. Anais... Campinas, CATI, 1979. p.9-19.

76. STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; PINHEIRO, B. da S. & ZINMERMAN, J. P. Deficiência hídrica e produtividade de arroz de sequeiro. S.n.t. 2p. (Nota prévia do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1, Mossoró, 1979).
77. STEWART, B.A. Os fertilizantes e a água. In: WHITE, W. C. & COLLINS, D.N. Manual de fertilizantes. 2.ed. Washington, The Fertilizer Institute, 1976. Cap.6, p.115-29.
78. STONE, L.F. Absorção de P, K, Mg, Ca e S por arroz influenciada pela deficiência hídrica, vermiculita e cultivar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(11):1251-58, nov. 1985.
79. _____. Produtividade e utilização ao nitrogênio pelo arroz (*Oryza sativa* L.): efeitos de deficiência hídrica, cultivares e vermiculita. Piracicaba, ESALQ, 1983. 200p. (Tese Doutorado).
80. _____; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. I. Efeito na produtividade do arroz. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(6):695-707, jun. 1984.
81. _____; _____ & _____. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(11):1403-16, nov. 1984.

88. WOLF, J.M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 12(único):141-50, 1977.

APÉNDICE

QUADRO 27. Teores médios de macronutrientes e micronutrientes da parte aérea do arroz, em relação as cultivares, doses de potássio e períodos de estresse hídrico (Média de 3 repetições). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Cultivares	Doses de potássio ppm	Concentração de Nutrientes									
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	
		-----(%)-----						-----ppm-----			
IAC-25	Sem estresse	0	1.693	0.037	0.710	1.250	1.09	0.103	5.9	33	65.2
		22.5	0.910	0.030	0.970	0.983	0.90	0.173	7.7	36	46.4
		45.0	1.045	0.033	1.317	0.823	0.76	0.150	6.7	55	61.3
		90.0	0.657	0.020	1.940	0.763	0.65	0.097	6.0	45	45.4
	Déficit no perfilhamento	0	1.413	0.023	0.830	1.330	1.13	0.117	6.2	58	110.3
		22.5	0.960	0.030	1.193	0.877	0.78	0.173	8.8	60	46.3
		45.0	0.950	0.023	1.500	0.783	0.74	0.100	4.8	54	68.6
		90.0	0.763	0.020	2.270	0.797	0.66	0.077	7.4	72	58.0
	Déficit no florescimento	0	1.983	0.053	0.790	1.090	0.93	0.097	7.0	59	78.2
		22.5	2.115	0.070	1.500	0.823	0.78	0.120	10.9	40	42.0
		45.0	1.907	0.107	2.087	0.763	0.70	0.120	11.3	89	46.7
		90.0	1.683	0.120	2.573	0.717	0.66	0.117	10.6	102	55.7
Déficit no enchimento de grãos	0	1.823	0.040	0.710	1.177	0.93	0.223	6.3	66	126.2	
	22.5	1.120	0.023	1.353	0.877	0.83	0.150	8.5	66	46.1	
	45.0	1.243	0.053	1.580	0.663	0.68	0.080	6.7	54	43.9	
	90.0	1.160	0.047	2.370	0.690	0.67	0.100	9.1	58	41.9	
Rio Paranaíba	Sem estresse	0	1.547	0.023	0.690	1.150	1.08	0.170	3.3	35	64.5
		22.5	0.740	0.020	0.770	0.857	0.83	0.123	4.8	48	62.6
		45.0	0.657	0.020	1.300	0.710	0.71	0.100	9.1	57	65.1
		90.0	0.625	0.020	1.780	0.650	0.70	0.183	3.2	55	57.5
	Déficit no perfilhamento	0	1.340	0.023	0.750	0.990	1.01	0.117	4.4	45	96.6
		22.5	0.820	0.020	0.850	0.877	0.88	0.143	4.7	57	83.0
		45.0	0.917	0.020	1.520	0.697	0.79	0.107	3.7	69	67.5
		90.0	0.875	0.020	1.943	0.657	0.70	0.067	2.8	67	62.8
	Déficit no florescimento	0	2.380	0.087	0.950	1.150	1.05	0.177	8.6	90	73.7
		22.5	1.520	0.067	1.460	0.797	0.81	0.127	7.6	73	68.1
		45.0	2.477	0.120	2.550	0.777	0.75	0.207	11.4	100	63.0
		90.0	2.307	0.117	2.780	0.777	0.64	0.190	12.8	101	74.6
Déficit no enchimento de grãos	0	1.553	0.027	0.770	1.043	0.99	0.110	6.1	45	89.8	
	22.5	1.357	0.030	1.153	0.770	0.83	0.157	4.7	61	57.6	
	45.0	1.217	0.050	1.460	0.723	0.73	0.147	6.3	65	83.5	
	90.0	0.910	0.037	2.110	0.590	0.66	0.060	3.3	81	41.6	

QUADRO 28. Teores médios de macronutrientes e micronutrientes nos grãos, em relação às cultivares, doses de potássio e períodos de déficit hídrico (Média de 3 repetições). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Cultivares	Período déficit hídrico	Doses de potássio ppm	Concentração de nutrientes								
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
			----- (%) -----					----- ppm -----			
IAC-25	Sem estresse	0	1.807	0.170	0.340	0.051	0.093	0.120	11.5	5	32.5
		22.5	1.633	0.153	0.360	0.041	0.090	0.100	8.1	9	27.6
		45.0	1.587	0.143	0.360	0.033	0.073	0.063	7.0	15	29.4
		90.0	1.847	0.160	0.380	0.037	0.087	0.053	7.6	13	26.6
	Déficit no perfilhamento	0	1.993	0.147	0.320	0.037	0.083	0.063	7.2	9	31.2
		22.5	1.750	0.173	0.340	0.027	0.087	0.097	10.2	10	28.1
		45.0	1.627	0.160	0.340	0.027	0.073	0.077	9.0	14	30.5
		90.0	1.567	0.160	0.340	0.020	0.073	0.067	10.0	10	29.7
	Déficit no florescimento	0	1.860	0.183	0.430	0.030	0.087	0.077	4.8	11	31.3
		22.5	1.780	0.220	0.360	0.010	0.090	0.070	6.7	9	29.6
		45.0	1.780	0.220	0.450	0.019	0.090	0.020	4.7	12	33.0
		90.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0	00.0
Déficit no enchimento de grãos	0	1.840	0.237	0.403	0.027	0.113	0.080	11.3	9	42.3	
	22.5	2.107	0.260	0.443	0.071	0.133	0.107	6.6	20	45.3	
	45.0	1.820	0.207	0.447	0.075	0.120	0.067	5.2	15	47.9	
	90.0	1.827	0.237	0.530	0.097	0.133	0.087	6.0	20	49.5	
Rio Paranaíba	Sem estresse	0	1.653	0.120	0.380	0.037	0.073	0.067	5,1	5	23,6
		22,5	1,353	0,143	0,443	0,040	0,093	0,080	6,1	13	23,9
		45,0	1,453	0,130	0,360	0,017	0,070	0,067	6,1	9	22,8
		90,0	1,367	0,140	0,400	0,023	0,080	0,040	7,0	10	23,3
	Déficit no perfilhamento	0	1.753	0.133	0.340	0.023	0.073	0.067	6,8	6	26,1
		22,5	1,420	0,123	0,380	0,037	0,080	0,077	5,7	11	23,9
		45,0	1,493	0,127	0,360	0,024	0,070	0,063	6,1	12	23,8
		90,0	1,420	0,110	0,360	0,020	0,067	0,050	6,6	10	22,4
	Déficit no florescimento	0	1.920	0.160	0.300	0.010	0.080	0.090	4,2	9	23,8
		22,5	1,820	0,140	0,360	0,020	0,070	0,060	3,7	16	29,6
		45,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0	00,0
		90,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0	00,0
Défíci no enchimento de grãos	0	1.907	0.150	0.360	0.017	0.080	0.070	5,7	6	27,1	
	22,5	1,630	0,173	0,463	0,022	0,100	0,073	5,7	10	27,3	
	45,0	2,810	0,363	0,670	0,047	0,170	0,063	8,8	15	36,9	
	90,0	2,180	0,267	0,507	0,020	0,123	0,070	6,2	15	30,2	

QUADRO 29. Teores médios de macronutrientes e micronutrientes do sistema radicular, em relação às cultivares, doses de potássio e períodos de déficit hídrico (Média de 3 repetições). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Cultivar	Período déficit hídrico	Doses de potássio ppm	Concentração de nutrientes								
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
			%						ppm		
IAC-25	Sem estresse	0	1,187	0,033	0,220	0,167	0,153	0,117	32,20	22	70,23
		22,5	1,320	0,040	0,320	0,177	0,253	0,150	39,13	27	70,30
		45,0	1,193	0,047	0,447	0,163	0,310	0,157	37,57	25	81,97
		90,0	1,060	0,043	0,650	0,147	0,330	0,147	38,13	30	90,60
	Déficit no perfilhamento	0	1,123	0,023	0,200	0,140	0,153	0,110	34,17	22	106,13
		22,5	1,323	0,047	0,403	0,167	0,293	0,153	40,80	30	76,83
		45,0	1,260	0,040	0,590	0,127	0,320	0,130	36,90	26	85,70
		90,0	1,207	0,043	0,650	0,193	0,237	0,147	37,23	32	85,23
	Déficit no florescimento	0	1,360	0,043	0,240	0,133	0,140	0,147	35,23	20	83,73
		22,5	1,590	0,060	0,337	0,170	0,177	0,187	37,50	20	57,07
		45,0	1,540	0,063	0,513	0,167	0,180	0,183	35,83	25	59,10
		90,0	1,515	0,070	0,313	0,260	0,167	0,117	31,60	50	67,20
Déficit no enchimento de grãos	0	1,270	0,037	0,220	0,167	0,137	0,123	32,57	26	107,97	
	22,5	1,343	0,047	0,280	0,180	0,200	0,133	33,73	37	77,23	
	45,0	1,353	0,043	0,383	0,153	0,200	0,123	39,90	30	64,63	
	90,0	1,353	0,050	0,443	0,140	0,203	0,137	35,07	35	76,07	
Rio Paranaíba	Sem estresse	0	1,167	0,030	0,220	0,193	0,167	0,140	33,97	20	92,73
		22,5	0,833	0,040	0,200	0,120	0,190	0,097	36,37	21	61,03
		45,0	0,807	0,043	0,340	0,173	0,233	0,117	47,33	23	79,30
		90,0	0,847	0,030	0,530	0,130	0,257	0,130	42,70	25	84,57
	Déficit no perfilhamento	0	1,147	0,040	0,200	0,147	0,143	0,093	38,73	16	96,17
		22,5	0,887	0,030	0,180	0,133	0,220	0,103	45,13	22	98,30
		45,0	0,940	0,033	0,320	0,130	0,223	0,127	45,30	23	91,43
		90,0	0,813	0,027	0,530	0,123	0,243	0,107	46,47	24	99,63
	Déficit no florescimento	0	1,160	0,053	0,207	0,207	0,133	0,140	35,10	27	86,00
		22,5	1,300	0,060	0,260	0,153	0,163	0,177	36,40	38	78,00
		45,0	1,500	0,070	0,280	0,257	0,163	0,160	44,23	58	94,77
		90,0	1,100	0,070	0,220	0,340	0,153	0,210	40,37	82	89,23
Déficit no enchimento de grãos	0	1,233	0,037	0,220	0,153	0,137	0,110	36,30	13	90,00	
	22,5	1,150	0,040	0,220	0,170	0,143	0,120	37,90	20	92,23	
	45,0	0,907	0,027	0,200	0,163	0,137	0,087	40,57	21	80,53	
	90,0	1,113	0,040	0,403	0,137	0,170	0,137	42,47	31	66,53	

QUADRO 30. Rendimento médio de matéria seca da parte aérea, produção de grãos, sistema radicular e número de grãos cheios por vaso, em relação às cultivares, dose de potássio e período de déficit hídrico (Média de 3 repetições). ESAL, Lavras-MG. 1986.

Cultivar	Período déficit hídrico	Doses de potássio ppm	Rendimento de matéria seca			
			Parte aérea g/vaso	Produção de grãos g/vaso	Sistema radicular g/vaso	Número de grãos cheios/vaso
IAC-25	Sem estresse	0	5,393	3,583	2,630	138
		22,5	9,417	7,920	4,373	272
		45,0	10,807	8,887	4,763	293
		90,0	13,130	9,880	5,927	336
	Déficit no perfilhamento	0	4,733	3,387	2,253	135
		22,5	8,950	6,760	3,977	241
		45,0	9,997	6,297	4,433	230
		90,0	10,790	8,450	4,543	282
	Déficit no florescimento	0	5,237	1,970	1,770	86
		22,5	6,443	1,157	2,047	45
		45,0	5,997	0,180	1,603	9
		90,0	5,807	0,147	1,610	7
Déficit no enchimento de grãos	0	5,453	1,403	2,633	61	
	22,5	9,770	2,097	4,543	130	
	45,0	10,713	1,377	4,063	103	
	90,0	11,480	1,703	4,863	119	
Sem estresse	0	6,437	3,343	2,827	145	
	22,5	12,763	9,650	5,393	314	
	45,0	12,810	9,880	5,230	319	
	90,0	14,207	11,057	5,893	346	
Déficit no perfilhamento	0	6,460	3,097	2,717	136	
	22,5	11,713	8,683	5,163	315	
	45,0	11,467	8,823	4,713	294	
	90,0	12,960	11,057	5,130	368	
Rio Paranaíba	Déficit no florescimento	0	4,757	0,840	1,747	33
		22,5	6,170	0,410	2,167	51
		45,0	4,340	0,000	1,247	0
		90,0	5,423	0,000	1,807	0
Déficit no enchimento de grãos	0	6,130	2,013	2,370	82	
	22,5	8,793	1,900	3,250	78	
	45,0	12,613	1,627	4,020	68	
	90,0	11,287	2,507	3,643	92	