

MYRIANE STELLA SCALCO



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")

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".



410x

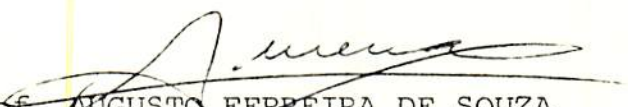
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS — MINAS GERAIS

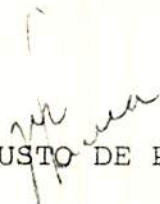
1 9 8 3

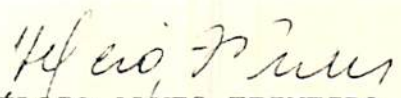


EFEITO DO MANEJO DA ÁGUA NO CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE N, P, K, Fe,
Mn e Zn PELO ARROZ (*Oryza sativa* L., cv. "IAC-25").

APROVADA:


Prof. AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA
Orientador


Prof. LUIZ AUGUSTO DE PAULA LIMA


Prof. HÉLCIO ALVES TEIXEIRA

A minha mãe (in memoriam)
pelo exemplo de vida, hu-
mildade, coragem; pelo
sacrifício e amor em prol
da minha felicidade

Ao Wellington
pelo amor,
companheirismo e dedicação

Ao trabalhador de campo
que sustenta com seu suor
a agricultura brasileira.

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela presença, esperança e força na luta do aia a dia.

Ao Dr. Jorge Eduardo de Oliveira, ex-presidente da Fundação Educacional da ESACMA de Machado, pelo apoio e incentivo, na realização deste curso.

Ao Professor Augusto Ferreira de Souza, pela orientação e alegre convivência.

Aos Professores Luiz Augusto de Paula Lima, Antônio Marciano da Silva, Hércio Alves Teixeira, pela amizade, apoio e ensinamentos; e ao professor Paulo César Lima pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos Professores e secretárias do Departamento de Agricultura, pela cooperação e amizade.

Ao Departamento de Ciência do Solo e, em especial, aos professores Alfredo Scheid Lopes, Mozart Martins Ferreira e Valdemar Faquin, pela colaboração e valiosas sugestões para a realização deste trabalho, e aos laboratoristas Delani, Elaize, Messias, Ana

e Sônia Botelho, pela ajuda nas análises químicas e físicas.

A todos os funcionários da ESAL que, com boa vontade, colaboraram comigo de diversas maneiras, no decorrer do curso e em especial à Maria Auxiliadora de Resende Braga pelo trabalho de datilografia da tese.

Aos colegas Eduardo Colombo e Henrique Cartaxo pela ajuda prestada durante a realização deste trabalho.

A Soror Pilar Vasconcelos pelas correções de português.

Aos amigos e colegas do curso de mestrado em Fitotecnia, Solos e Nutrição de Plantas e Ciência dos Alimentos.

A amiga Sônia Sena Alfaia com quem convivi com muita amizade, companheirismo e alegria e a quem admiro pela pureza de seu idealismo social.

A amiga Glória Valéria da Veiga de cuja convivência e amizade e da qual recebi grande apoio e exemplo de vida.

Ao amigo e colega Marcelo Braghetta Camargo pelo sincero convívio.

Aos meus irmãos e irmã pelo carinho fraternal.

E, a todas as pessoas que no decorrer do curso de mestrado, de alguma maneira, me apoiaram e colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MYRIANE STELLA SCALCO, filha de Adelaide Figueiredo Scalco e Elídio Scalco, nascida aos 10 de outubro de 1955, em Machado, Estado de Minas Gerais.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Faculdade Integrada de Ciências Biológicas de Machado, em dezembro de 1980.

Em março de 1981, iniciou o curso de Pós-Graduação a nível de mestrado em Agronomia, no curso de Fitotecnia, área de concentração Grandes Culturas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Aspectos gerais da água na cultura do arroz	03
2.2. Efeito do manejo da água no solo sobre algumas características de crescimento do arroz.....	04
2.3. Efeito do manejo da água no solo sobre a absor - ção de nutrientes	07
2.3.1. Nitrogênio (N)	08
2.3.2. Fósforo (P)	09
2.3.3. Potássio (K)	10
2.3.4. Ferro (Fe)	11
2.3.5. Manganês (Mn)	12
2.3.6. Zinco (Zn)	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Caracterização geral do experimento	14
3.1.1. Delineamento experimental, tratamentos , solo e cultivar	14
3.1.2. Instalação, condução e colheita	20

3.2. Características avaliadas	21
3.2.1. Altura de planta	21
3.2.2. Matéria seca da parte aérea	21
3.2.3. Matéria seca da raiz	22
3.2.4. Absorção de N, P, K, Fe, Mn e Zn pela parte aérea	22
3.3. Análise Estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Características relacionadas ao crescimento.....	25
4.1.1. Matéria seca da parte aérea	25
4.1.2. Matéria seca da raiz	30
4.1.3. Altura de planta	33
4.2. Absorção de nutrientes	36
4.2.1. Nitrogênio	36
4.2.2. Fósforo	42
4.2.3. Potássio	48
4.2.4. Ferro	51
4.2.5. Manganês	55
4.2.6. Zinco	59
5. CONCLUSÕES	63
6. SUGESTÕES	65
7. RESUMO	66
8. SUMMARY	68
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
APÊNDICE	86

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Resultados da análise física da amostra do solo utilizado. Lavras-MG. 1982/83	17
2	Resultados da análise química da amostra do solo utilizado. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.....	19
3	Características agronômicas da cultivar de arroz "IAC-25".....	20
4	Resultados médios de peso de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e altura de planta do arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e a diferentes intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG . 1982/83	26
5	Médias da quantidade de N, P, K, Fe e Mn absorvida pela parte aérea de arroz, cv. "IAC-25" sob quatro níveis de umidade no solo e 5 intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.....	38
6	Médias da quantidade de fósforo, absorvida pela parte aérea da planta de arroz, cv. "IAC-25" sob quatro níveis de umidade no solo. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	47

Quadro	Página
7. Médias da quantidade de fósforo absorvida pela <u>par</u> te aérea da planta de arroz, cv. "IAC-25" sob <u>cin</u> -intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.	47
8 Médias da quantidade de Zn absorvida pela <u>parte</u> aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25" sob <u>qua</u> tro níveis de umidade no solo. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	60
9 Médias da quantidade de zinco absorvida pela <u>par</u> te aérea do arroz, cv. "IAC-25" sob <u>cinco</u> <u>interva</u> los de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	61

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema do sistema utilizado para manutenção do solo saturado (filme de água sobre o solo), baseado no princípio de Mariotte.....	18
2	Equação de regressão para produção de matéria seca da parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	29
3	Equação de regressão para produção de matéria seca da raiz de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. , 1982/83	32
4	Equação de regressão para altura de planta de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	37

Figura		Página
5	Equação de regressão para absorção de nitrogênio pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	41
6	Equação de regressão para absorção de fósforo pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", em diferentes intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	46
7	Equações de regressão para a absorção de potássio pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	50
8	Equações de regressão para a absorção de ferro pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	53
9	Equações de regressão para absorção de manganês pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	58
10	Equação de regressão para absorção de zinco pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", em diferentes intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83	62

1. INTRODUÇÃO

O consumo de água pelas comunidades vegetais é um importante fator a ser considerado em estudos de regionalização agrícola, bem como para estimativa de produtividade.

A água no solo, entre outras funções, serve como meio de transporte dos elementos nutritivos e dos componentes que se for mam durante o metabolismo da planta, além de ser necessária aos processos de crescimento e transpiração (16, 55, 82).

A disponibilidade de água é um fator ecológico dos mais importantes para as culturas de exploração econômica no Brasil, principalmente para o arroz. Ocorre, no entanto, que, em certas regiões, a água é fator limitante para o bom desenvolvimento des se cereal, que é alimento básico para grande parte da população mundial.

A produção brasileira estimada em cerca de 7 a 9 milhões de toneladas de arroz em casca, origina-se basicamente de lavou ras de sequeiro (aproximadamente 65%) que são extremamente depen dentes da precipitação pluviométrica, STONE (89).

De acordo com DUARTE, SOUZA BRITO & MENEGUELLI (25) não existem dúvidas a respeito das vantagens do emprego do sistema de irrigação por inundação para a cultura do arroz. No entanto, muitas vezes o agricultor possui áreas com topografia adequada para o cultivo do arroz irrigado, mas a quantidade de água disponível não permite uma inundação contínua. O cultivo de menores áreas, com irrigações alternadas, talvez seja uma alternativa mais viável do que o cultivo de grandes áreas sem o uso da irrigação. De acordo com GOMIDE (36), especial atenção deve ser dada às práticas culturais concernentes ao manejo da água de irrigação para a cultura do arroz.

Outro aspecto a ser considerado é que o manejo da água no solo pode afetar a absorção de certos nutrientes pela cultura do arroz. A literatura sobre a absorção de nutrientes por essa cultura é escassa, sendo que a maioria dos dados sobre este assunto provém do continente asiático, MALAVOLTA et alii (57).

O objetivo do trabalho foi verificar o efeito de vários níveis de umidade no solo e diferentes intervalos de irrigação sobre algumas características de crescimento e absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, ferro, manganês e zinco pela cultivar de arroz de sequeiro "IAC-25", cultivada em solo de várzea.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da água na cultura do arroz

O arroz requer alto teor de umidade no solo para um bom desenvolvimento e produção. No entanto aproximadamente 65% das lavouras de arroz no Brasil, são conduzidas sob regime de sequeiro, sendo extremamente dependentes da precipitação pluviométrica, STONE (89) e GOMIDE (36).

O arroz, apesar das taxas de transpiração semelhantes a de algumas outras culturas (400 g de água/g de matéria seca), sofre "stress hídrico" em tensão de umidade do solo tão baixa quanto 0,3 bars, SANCHEZ (76). Essa deficiência hídrica nas plantas é caracterizada por uma redução de seu conteúdo hídrico, do seu potencial osmótico total, acompanhada pela perda de turgescência, pelo fechamento dos estômatos e pela redução de crescimento, KRAMER (47).

Para vários autores (76, 90, 12, 28) esse período abrange toda a fase reprodutiva. Segundo HERNANDEZ, (40) compreende entre cinco e dez dias antes do emborrachamento e floração. Para Matsushima citado por STONE (89), esse período é de onze a treze antes

da floração, enquanto que para DAKER (21), abrange vinte dias antes até vinte a vinte e cinco dias após a floração.

O arroz é a única cultura importante capaz de crescer em solos inundados por causa de sua habilidade em oxidar a sua própria rizosfera, SANCHEZ (76). De acordo com GOMIDE (36) a irrigação por inundação (permanente ou periódica) tem sido alvo de estudo, sendo que alguns autores defendem a inundação permanente pela facilidade do manejo da água e maior controle de plantas daninhas. Outros autores são adeptos da modalidade periódica por esta exigir menor volume de água e promover maior aeração do solo estimulando o perfilhamento e maior desenvolvimento do sistema radicular. Existe a necessidade de se estudar o manejo da água para cada região rizícola e, também o comportamento das várias cultivares. As cultivares tradicionais de sequeiro se adaptam melhor às condições de solo mais seco, do que as cultivares irrigadas (26, 38, 63).

2.2. Efeito do manejo da água no solo sobre algumas características de crescimento do arroz.

Manejo eficiente da água quer dizer a manutenção de uma quantidade de água necessária ao crescimento e desenvolvimento das plantas, máxima absorção de nutrientes e uso econômico da água, CHEANEY (14), que deve vir associado à capacidade genética de produção, SACHET (73). Por isso torna-se necessário, ao se estabelecer uma lavoura de arroz, o conhecimento da quantidade de água de que se poderá dispor durante o ciclo da cultura, PEDROSO (70).

As plantas sob condições de baixa disponibilidade de água têm sua atividade metabólica afetada (1, 49, 54) e pode ocorrer uma série de modificações morfológicas e bioquímicas, HSIAO (42), considerando ser a planta um organismo que funciona à base de sistemas altamente interdependentes. Assim o manejo da água no solo afeta de maneiras diversas a produção de grãos, matéria seca e altura de plantas de arroz.

TSUTSUL (94) afirma que a irrigação intermitente pode proporcionar altos rendimentos de arroz. No entanto (14, 25, 37, 66), relatam maior produção de grãos em solos continuamente submersos. Já STONE, et alii (90), DUARTE & COSTA (24), observaram que a produção de grãos de arroz não diferiu sob os dois sistemas de irrigação (intermitente e contínuo).

A produção de matéria seca total e da parte aérea do arroz aumenta com o aumento do teor de umidade do solo (26, 34, 39, 46, 68, 74, 75, 80, 89, 93). PATHAK, TIWARI & UPADHYAY (67), relatam que esse aumento de matéria seca foi 1,43% superior em solos com excesso de umidade quando comparado a condições de capacidade de campo. Relatam ainda, que esse incremento foi devido ao maior conteúdo de Fe e Mn em solos com alto teor de umidade.

Nem sempre o decréscimo da umidade do solo afeta a produção de matéria seca, como observado em determinadas variedades de sequeiro que possuem boa adaptação às condições adversas de água no solo.

A matéria seca da raiz é afetada de maneiras diversas pela disponibilidade de água no solo, pois DAS & JAT (22), STONE (89), relatam aumento no peso de matéria seca de raízes de arroz com o aumento da umidade do solo, enquanto que (6, 23, 42) em outras culturas, e STONE (89), em arroz, observaram o oposto.

Segundo BEGG & TURNER (5) e HOFFMAN et alii (41), embora o crescimento total da planta seja reduzido durante um período de deficiência hídrica, o crescimento radicular é geralmente favorecido em relação ao crescimento do colmo. Esse aumento no peso da matéria de raízes pode indicar uma maior densidade e profundidade de raízes. Ambas são importantes adaptações morfológicas à deficiência hídrica, pois favorecem a absorção de água e nutrientes, MENGEL & BARBER (59), CHEEMA, WALIA & KUNDRA (15).

A altura das plantas de arroz, normalmente é favorecida por níveis mais altos de umidade do solo como verificado por (2, 37, 64, 74, 79), o mesmo ocorrendo com a altura de plantas de arroz de soqueira, MENGEL & WILSON (60).

A irrigação contínua do solo em comparação com a irrigação intermitente aumenta a altura das plantas de arroz. Isso ocorre porque em condições de alta umidade existe uma maior disponibilidade de nutrientes, DAS & JAT (22), que intensificam a absorção, GANGWAR & MANN (34). No entanto, SHINDE & SRIVASTAVA (81), LENKA, MISRA & PATNAIK (52) observaram que o crescimento final de plantas de arroz não foi afetado pelos vários tratamentos de manejo da água, impostos durante o ciclo da cultura.

De uma maneira geral a limitação de água além de afetar a produção de matéria seca e altura de plantas, também retarda a floração, proporciona alta porcentagem de esterilidade nas espiguetas e conseqüentemente menor produção, CHAUDHRY & McLEAN (13).

2.3. Efeito do manejo da água no solo sobre a absorção de nutrientes.

A absorção de nutrientes por uma cultura refere-se à quantidade total de cada elemento absorvida pela cultura em dado estágio de desenvolvimento, FARHOOMAND & PETERSON (30).

Embora a absorção de nutrientes e a absorção de água sejam processos independentes na raiz, a necessidade de água disponível na planta e no solo, para o crescimento e transporte de nutrientes, torna-os intimamente relacionados, pois as taxas de difusão e fluxo de massa, decrescem à medida que a umidade do solo é reduzida STONE (89). No entanto, Viets citado por STONE (89), afirma que não se sabe se a mudança na concentração de vários íons na solução do solo, ao reduzir-se a umidade, é realmente de muita significância para a absorção de nutrientes.

Maior absorção de nutrientes por plantas de arroz com o aumento da umidade do solo foi relatada por vários autores (22, 68, 74, 76).

2.3.1. Nitrogênio (N)

O N tem sido, além da umidade do solo, o fator limitante para a produção de arroz, Yoshida citado por (11, 38, 68, 72, 89). Contudo, segundo FAGERIA & WILCOX (30), a resposta do arroz a esse nutriente varia grandemente com o tipo de planta, clima, manejo da água e propriedades do solo.

O N juntamente com o K são os macronutrientes absorvidos em maior quantidade pela planta de arroz (36, 56, 83). O quarto elemento mais abundante na planta após o carbono, oxigênio e hidrogênio, EPSTEIN (26). Uma vez absorvido, transloca-se por toda a planta, sendo que, na maturação, sua concentração é maior nos grãos, FURLANI et alii (33), GARGANTINI & BLANCO (35).

Assim GARGANTINI & BLANCO (35), encontraram teores de 0,79% de N nas raízes, 0,47% na parte aérea; já Medeiros citado por STONE (89) encontrou 1,30% nas raízes, 1,65% nos colmos e panículas, 2,25% nas folhas, enquanto que FURLANI et alii (33) relatam que o N nas folhas variou de 0,72 a 0,82% e nos colmos de 0,62 a 0,69%. Segundo MALAVOLTA et alii (57) o teor de N decresce, na seguinte ordem, na planta: folha > grão > colmo > raiz.

Alguns autores (7, 27, 39) têm verificado aumentos na absorção de N com o aumento do teor de umidade no solo, enquanto que outros, PANDE & MITTRA (64), OBERMUELLER & MIKKELSEN (63) não verificaram efeitos do manejo da água no solo sobre a absorção deste nutriente.

Segundo resultados encontrados por (27, 65, 92), a absorção de N pelas plantas de arroz parece ser mais favorecida em condições de solo saturado, em comparação com o solo totalmente submerso.

2.3.2. Fósforo (P)

O P é o elemento, quantitativamente, o menos exigido pelo arroz dentre os macronutrientes. No entanto, é absorvido durante todo o ciclo da planta, (35, 57, 69). Sua concentração nos tecidos no estágio de plântula é 0,44% nas folhas e colmos, decrescendo rapidamente após o transplante (0,21%), aumentando gradualmente e alcançando seu nível máximo quando da formação do primórdio floral (0,37%) e reduzindo até o estágio de maturação, Ishizuka citado por FORNASIERE (31).

Shapiro citado por CHAUDHRY & McLEAN (13), relata que o P é utilizado pelo arroz com maior eficiência em solos altamente úmidos ou submersos, e isso foi constatado também por (7, 10, 39, 58, 64, 68, 74), que verificaram maior absorção de P nesses solos.

Sob condições de solo altamente úmido a disponibilidade de P é aumentada devido a redução do fosfato férrico a fosfato ferroso, a hidrólise do Al - P e a dissolução do Ca - P pelo ácido carbônico produzido nesses solos, Ponnamparuma, Chiang et alii, Mandal citados por SINGH & RAN (85), MORAES & FREIRE (62). Assim BORA (10) sugere que a inundação contínua do arroz é uma prática efetiva para aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados hidro-solúveis para solos ácidos. Já SUBRAMANIAN & RAJAGOPALAN (92)

observaram que a absorção do P em solos neutros não foi afetada pelo manejo da água, pois a quantidade de P absorvida pela planta foi a mesma, tanto em condições de saturação quanto de submersão. No entanto, a pequena disponibilidade do P em condições de solo seco tem afetado significativamente a cultura do arroz, MALAVOLTA (56), SANCHEZ (76).

2.3.3. Potássio (K)

O K é absorvido em maiores quantidades que o N e o P, (35, 56, 72, 77), concentrando-se em sua maior parte (cerca de 80%) nas folhas e colmos, RAMOS (72), sendo que sua concentração varia de 2,51% nas folhas e colmos no estágio de perfilhamento, decrescendo até 1,16% por ocasião do florescimento, Ishizuka citado por FORNASIERE (32).

A absorção deste nutriente por plantas de arroz é maior sob condições de capacidade de campo (39, 64, 74, 92) do que sob condições de saturação ou submersão do solo. SANCHEZ (76), e RAMOS (72) afirmam que não têm sido verificados efeitos marcantes sobre a disponibilidade de K em solos com alta umidade, devido ao fato de que esse íon já se encontra em estado reduzido, por isso segundo FORNASIERE (31) há poucos resultados demonstrativos da eficiência da adubação potássica tanto em cultura irrigadas como de sequeiro.

2.3.4. Ferro (Fe)

→ 4

O ferro não pode ser considerado micronutriente para o arroz (38, 72, 76), pois apesar da abundância com que é encontrado no solo, é exigido pelo arroz em quantidades pequenas e, às vezes, não alcançadas, MALAVOLTA (56), devido a escassez da forma absorvível Fe_2 no solo.

A maior absorção do ferro em solos altamente úmidos deve principalmente à redução da forma férrica Fe_3^{+3} em forma ferrosa Fe_2^{+2} , tem sido relatada por vários autores (64, 67, 76, 93) chegando a ser cerca de três vezes maior nas condições de solo inundado do que em solos secos, OBERMUELLER & MIKKELSEN (64).

Alguns autores relacionam a maior produção de matéria seca de plantas de arroz com altas concentrações deste elemento na palha, KHAIRE & SONAR (46), OBERMUELLER & MIKKELSEN (64). De acordo com KHAIRE & SONAR (46) a duração da saturação ou submersão de um solo aumenta a disponibilidade de ferro e conseqüentemente maior absorção. Entretanto, PATRICK JUNIOR & FONTENOT (68) afirmam que a solubilidade de ferro em condições de solo reduzido não aumentou a absorção do nutriente pela planta. O ferro quando em altas concentrações no solo pode ser tóxico à planta. SAHRAWAT (75) relata que a secagem e reinundação de solos ácidos aumentou a quantidade de ferro em solução e agravou a acidez pela produção de ácido sulfúrico que impediu o crescimento do arroz.

2.3.5. Manganês (Mn)

O Mn e o Fe são dois elementos muito ligados um ao outro, e concentrações altas de Mn correspondem a baixa acumulação de ferro ferroso na planta com problemas carenciais, MALAVOLTA (54); portanto da mesma forma que o Fe, o Mn pode se acumular no solo provocando sintomas de toxidez no arroz, PATHAK, TIWARI & UPADHYAY (66).

A disponibilidade deste nutriente no solo é aumentada com níveis mais altos de umidade, e isso conseqüentemente incrementa a sua absorção pelas plantas como verificado por (46, 68, 74). Em contrapartida ENYI (26), OBERMULLER & MIKKELSEN (64) verificaram que plantas de arroz absorveram menores quantidades de Mn em solos inundados do que em condições de solo seco. A utilização do N nítrico, tal como ocorre em condições de solo aerado favorece o acúmulo de Mn na planta, quando o arroz é cultivado em solos ácidos; ao passo que o arroz inundado que usa principalmente o N amoniacal não mostra acúmulo de Mn. PANDE & MITTRA (65), relatam que, em condições de solo saturado, a absorção de Mn pelo arroz foi superior àquela verificada em solos submersos.

48)

2.3.6. Zinco (Zn)

O Zn é um micronutriente carente nas diversas culturas do Brasil; e resultados interessantes sobre o efeito desse nutriente na cultura do arroz têm sido relatados, MALAVOLTA (56), apesar do arroz ser classificado como uma planta pouco eficiente em

absorver zinco, MALAVOLTA (55).

O Zn não está sujeito a condições de oxi-redução em solos altamente úmidos devido ao aumento do pH nesses solos, SANCHEZ (76), e devido à formação de sulfeto de zinco, cujo produto é de solubilidade extremamente baixa e a dissorção ou co-precipitação do zinco em particular de carbonato de cálcio na presença de grande quantidade de dióxido de carbono, PATHAK, TIWARI & UPA-DHYAY (67). Dessa maneira, a menor absorção de Zn por plantas de arroz em solos com altos teores de umidade, tem sido relatadas por (64, 65, 67, 93).

➤ A absorção deste nutriente por plantas de arroz é maior entre os estágios de perfilhamento e emborrachamento, SINGH & SINGH (86) e é afetada negativamente por altas quantidades de fósforo presentes no solo, BAHIA & BRAGA (3).

✓(X)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização geral do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do De partamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL. A cidade de Lavras está localizada no Estado de Mi nas Gerais; a $21^{\circ}14'06''$ de latitude Sul e $45^{\circ}00'00''$ de longitude oeste, e situada a uma altitude média de 900m, IBGE (45).

A região apresenta um clima do tipo C_wb , de acordo com a classificação de Koppen, citada por BAHIA (4).

3.1.1. Delineamento experimental, tratamentos, solo e cul tivar.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ca sualizados, em esquema fatorial 4×5 , com quatro repetições, per fazendo um total de 80 parcelas, cada uma composta por um vaso contendo 3 plantas.

Os vinte tratamentos foram obtidos pela combinação dos seguintes fatores:

a) Quatro níveis de água no solo: estes níveis foram estabelecidos a partir da porosidade total do solo, por ser de fácil determinação, dispensando aparelhos de medição de potenciais matriciais, de acordo com a metodologia seguida por FREIRE et alii (32) em trabalhos com milho em casa de vegetação. Foram mantidos os níveis de 40 (q), 60 (s), 80 (o), 100% (c) do VTP (Volume Total de Poros) do solo ocupados por água;

b) cinco intervalos de irrigação: foram utilizados 0 (irrigação contínua ou diária), 2, 4, 6 e 8 dias de intervalos entre as irrigações.

Os tratamentos foram:

- q0 - 40% do VTP preenchido com água continuamente.
- q2 - 40% do VTP preenchido com água no intervalo de dois dias.
- q4 - 40% do VTP preenchido com água no intervalo de quatro dias.
- q6 - 40% do VTP preenchido com água no intervalo de seis dias.
- q8 - 40% do VTP preenchido com água no intervalo de oito dias.
- s0 - 60% do VTP preenchido com água continuamente.
- s2 - 60% do VTP preenchido com água no intervalo de dois dias.
- s4 - 60% do VTP preenchido com água no intervalo de quatro dias.
- s6 - 60% do VTP preenchido com água no intervalo de seis dias.

s6 - 60% do VTP preenchido com água no intervalo de seis dias.

s8 - 60% do VTP preenchido com água no intervalo de oito dias.

o0 - 80% do VTP preenchido com água continuamente.

o2 - 80% do VTP preenchido com água no intervalo de dois dias.

o4 - 80% do VTP preenchido com água no intervalo de quatro dias.

o6 - 80% do VTP preenchido com água no intervalo de seis dias.

o8 - 80% do VTP preenchido com água no intervalo de oito dias.

c0 - 100% do VTP preenchido com água continuamente.

c2 - 100% do VTP preenchido com água no intervalo de dois dias.

c4 - 100% do VTP preenchido com água no intervalo de quatro dias.

c6 - 100% do VTP preenchido com água no intervalo de seis dias.

c8 - 100% do VTP preenchido com água no intervalo de oito dias.

Mediante o cálculo da densidade aparente do solo, BLAKE (8) densidade de partículas BLAKE (9) e volume total de poros, VO MOCIL (96), foram determinadas as quantidades de água aplicadas, correspondentes aos níveis de umidade. Esses níveis de 40, 60, 80 e 100% foram controlados através de pesagens, em balança de pre

cisão (0,1 g) de acordo com cada intervalo de irrigação, sendo que, para os tratamentos 0 (zero), as pesagens foram feitas duas vezes ao dia. Foram feitas correções nas pesagens em vários períodos do crescimento, por uma estimativa de pesos das plantas. Para manter o solo com um VTP contínuo de 100%, adotou-se o esquema mostrado na Figura 1, baseado no princípio de Mariotte.

O solo utilizado foi do tipo aluvial de textura argilosa. Este solo foi coletado na camada superficial (0-20 cm) e caracterizado quimicamente segundo VETTORI (95) para recomendação de adubação.

Fisicamente o solo foi caracterizado quanto à densidade do solo, determinada antes e após enchimento dos vasos, BLAKE (8), densidade de partículas, BLAKE (9), VTP segundo VOMOCIL (96).

Nos quadros 1 e 2 encontram-se os resultados das características físicas e químicas respectivamente, das amostras coletadas.

QUADRO 1. Resultados da análise física da amostra do solo utilizado. Lavras-MG. 1982/83*.

Profundidade (cm)	Areia (%)	Limo (%)	Argila (%)	Classe textural	Ds ₋₃ g.cm ⁻³	Dp ₋₃ g.cm ⁻³	CC 1/3atm	PMP 15atm
0-20	3,72	11,0	51,8	Argila**	1,06	2,66	33,31	23,67

* Realizada no Instituto de Química "John H. Wheelock" da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras-MG.

** Segundo a SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (87).

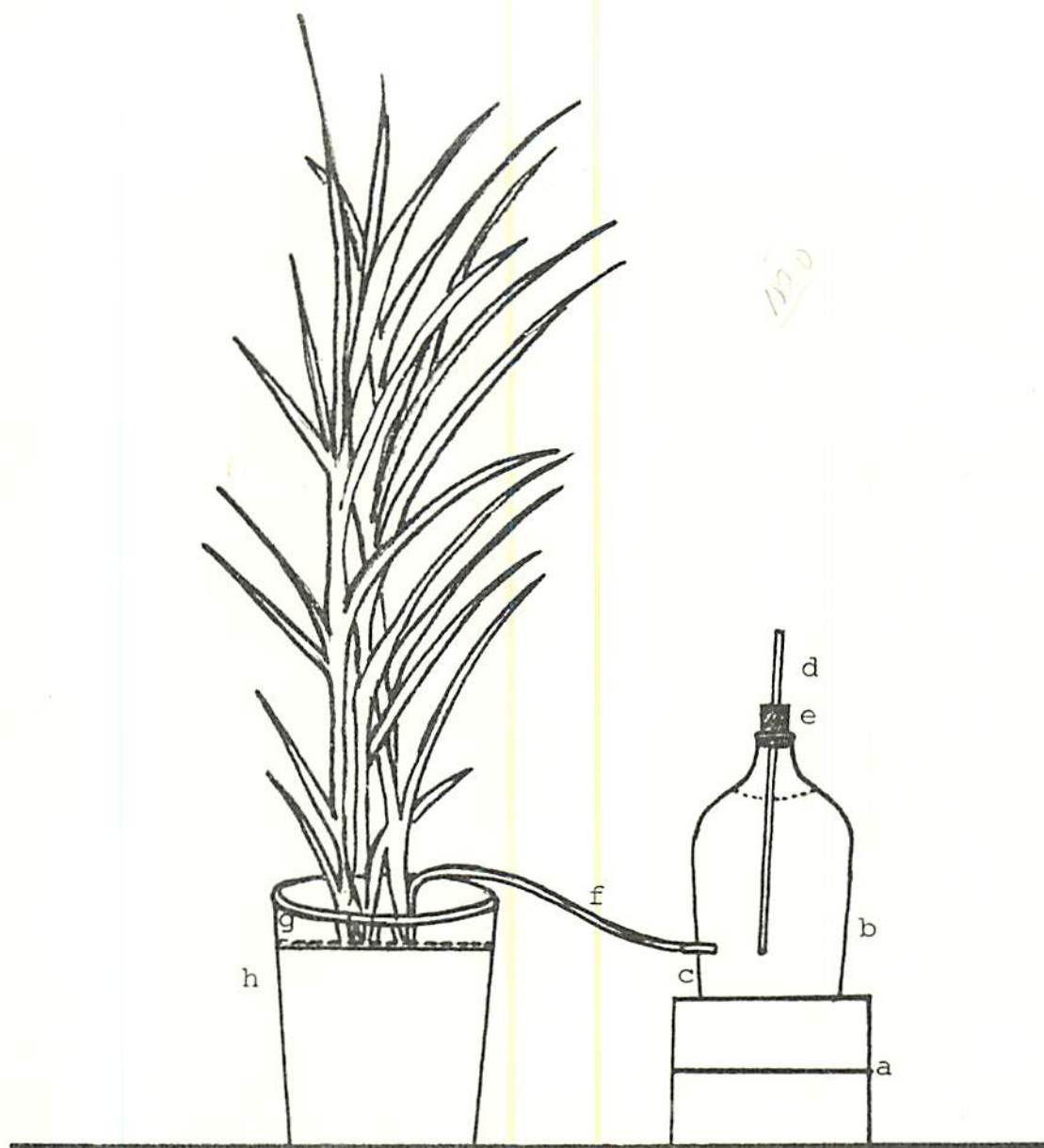


FIGURA 1. Esquema do sistema utilizado para manutenção do solo saturado (filme de água sobre o solo), baseado no princípio de Mariotte.

- a. Suporte de madeira de 10 cm
- b. Garrafa de 2 litros
- c. Tubo de aço 5 mm de diâmetro
- d. Tubo de cobre de 2 mm de diâmetro
- e. Rolha de borracha
- f. Tubo de borracha flexível
- g. Nível da água
- h. Nível do solo.

QUADRO 2. Resultados da análise química da amostra do solo utilizado. ESAL, Lavras-MG. 1982/83*.

Profundidade (cm)	Al ⁺⁺⁺ mE/100cm ³	Ca + Mg ⁺⁺ mE/100cm ³	P ppm	K ppm	Na ⁺ mE/100cc	M.O. (%)	pH
0-20	0,1 B	3,6 M	1 B	56 M	0,056	2,49 M	6,1AcF
		Fe ppm		Mn ppm		Cu ppm	Zn ppm
0-20		197,3		79,3		4,60	1,25

* Realizada no Instituto de Química "John H. Wheelock" da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras-MG.

** As letras M, B indicam níveis médios e baixos e AcF-acidez fraca, segundo a CFEMG (19).

Foi utilizada a cultivar IAC-25 de ciclo médio, originada do cruzamento entre as variedades IAC-1246 e "Dourado Precoce". As sementes foram previamente tratadas com Tiuran para evitar o ataque de pragas e doenças. Utilizou-se o produto na proporção de 0,2 para 100 g de semente. Algumas características mais importantes desta cultivar são apresentadas no Quadro 3, CATI (20).

QUADRO 3. Características agronômicas da cultivar de arroz "IAC-25".

CARACTERÍSTICAS	"IAC-25"
Ciclo	110-120 dias
Altura de plantas	105-115 cm
Perfilhamento	Bom
Comprimento de panícula	+ ou - 20 cm
Peso de 100 sementes	3,3 gramas
Resistência à seca	Moderada
Resistência ao acamamento	Moderada
Resistência à brusone	Susceptível
Resistência à Helminthosporiose	Moderada

3.1.2. Instalação, condução e colheita

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos de 19 cm de altura por 20 cm de diâmetro, contendo cada um 3 kg de solo. Este solo foi coletado da camada de 0-20 cm, homogeneizado e depois peneirado em peneira de malha de 2 mm.

Na adubação corretiva feita uma semana antes da semeadura utilizou-se 1,2 g por vaso de uma mistura de 30 kg de sulfato de amônio, 300 kg de superfosfato simples e 50 kg de cloreto de potássio.

A sementeira foi realizada em 06 de novembro de 1982, colocando-se 6 sementes por vaso a 3 cm de profundidade. Vinte dias após procedeu-se ao desbaste, deixando 3 plantas por vaso. A primeira adubação em cobertura com sulfato de amônio em solução, aplicando-se 20 ml por vaso, foi feita 30 dias após a sementeira e a segunda foi feita 20 dias após a primeira, na mesma dose.

Os vasos foram mantidos com 60% do VTP, preenchidos com água durante os primeiros vinte dias, para garantir uma boa germinação e desenvolvimento uniforme das plantas. A partir daí colocou-se água conforme cada tratamento.

O experimento foi mantido livre de plantas daninhas, através de capinas manuais.

A coleta das plantas foi feita cortando-as rente ao solo, 90 dias após a sementeira.



3.2. Características avaliadas

3.2.1. Altura de planta

Mediu-se do nível do solo até o primeiro nó da panícula, nas três plantas de cada vaso, por ocasião do corte das mesmas.

3.2.2. Matéria seca da parte aérea

Após o corte das plantas, essas foram colocadas em saquinhos de papel, levadas para secar em estufa com circulação forçada

da a 70°C até atingirem peso constante e pesadas em balança analítica.

3.2.3. Matéria seca da raiz

Após o corte das plantas, as raízes foram separadas do solo por peneira de náilon, lavadas com jatos d'água de torneira para retirada de resíduos do solo. Foram então, colocadas em saquinhos de papel, levadas à secagem em estufa com circulação forçada de 70°C até atingirem peso constante e pesadas em balança analítica.

3.2.4. Absorção de N, P, K, Fe, Mn e Zn pela parte aérea.

Após a pesagem da matéria seca da parte aérea, o material foi passado em moinho tipo Wiley, provido de facas e peneira de 20 malhas por polegada, de aço inoxidável e acondicionado em frascos de vidro para posterior análise.

Após o preparo das amostras foram feitas as determinações dos macro e micronutrientes. O potássio, ferro, manganês e zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o fósforo através da colorimetria segundo as técnicas determinadas por HUNTER (44). O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, citado por SARRUGE & HAAG (78).

As quantidades de macro e micronutrientes absorvidas pela parte aérea da planta (QNP), em mg/vaso, foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

Macronutrientes:

$$QNP = \frac{NTP \times RMS}{100}$$

onde:

NTP = teor de nutrientes na parte aérea da planta em porcentagem.

RMS = rendimento de matéria seca, em mg/vaso, da parte aérea da planta.

Micronutrientes:

$$QNP = \frac{NTP \times RMS}{1000}$$

onde:

NTP = teor de nutriente na parte aérea da planta em ppm.

RMS = rendimento de matéria seca, em g/vaso, da parte aérea da planta.

3.3. Análise Estatística

Todos os dados coletados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Determinou-se equações de regressão para

as características: altura de planta, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, absorção de nutrientes pela parte aérea da planta. Também foram determinados os respectivos coeficientes de determinação, segundo STEEL & TORRIE (88) e PIMENTEL GOMES (71).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características relacionadas ao crescimento

4.1.1. Matéria seca da parte aérea

Verifica-se pelo Quadro 4 que os níveis de água no solo e intervalos de irrigação provocaram diferenças na produção de matéria seca da parte aérea das plantas.

No geral, observa-se que a produção de matéria seca da parte aérea das plantas decresceu com o aumento dos intervalos de irrigação dentro de todos os níveis de umidade no solo. Esses resultados estão compatíveis com os observados por STONE (89), ao afirmar que o aumento, nos períodos de veranicos impostos durante o ciclo da cultura do arroz, decresceu a produção de matéria seca da parte aérea das plantas; e confirmam a afirmação feita por GOMIDE (36), de que o arroz é uma planta que requer alta umidade no solo para seu desenvolvimento normal.

A produção máxima de matéria seca foi verificada no intervalo 0 (zero) de irrigação no nível de 100% de umidade no solo, ou

QUADRO 4. Resultados médios de peso de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e altura de planta do arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e a diferentes intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Inter- valos (dias)	Matéria seca parte aérea				Matéria seca-raiz				Altura de planta			
	Níveis de água (%)				Níveis de água (%)				Níveis de água (%)			
	40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100
	----- cm -----				----- cm -----				----- cm -----			
0	9,88 a	21,94 a	26,43 a	26,82 a	5,42 a	8,70 a	10,26 a	9,77 a	29,4 a	58,0 a	63,5 a	76,5 a
2	7,20 b	13,96 b	21,97 b	23,21 b	3,63 b	6,70 b	11,16 a	9,14 ab	25,2 a	40,0 b	55,1 b	73,7 a
4	3,10 c	10,28 c	14,93 c	19,03 c	1,74 c	4,84 c	8,56 b	8,79 ab	19,6 b	31,0 c	41,0 c	44,7 b
6	3,33 c	7,97 cd	11,82 d	15,55 d	1,86 c	3,28 d	6,61 c	7,69 b	18,4 b	25,6 d	30,9 d	40,1 bc
8	1,98 c	5,94 d	9,87 d	12,73 e	1,02 c	2,62 d	4,23 d	6,15 c	15,1 b	23,6 d	27,9 d	39,4 c
MÉDIA	5,10 D	12,02 C	17,01 B	19,47 A	2,73 C	5,23 B	8,16 A	8,31 A	21,5 D	25,6 C	43,7 B	54,9 A

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

** Matéria seca da parte aérea: colmo + folhas + raques + grãos vazios (presente em determinados tratamentos).

seja, em solo saturado. KHAIRE & SONAR (46), estudando o efeito do tempo de saturação do solo sobre a produção de matéria seca do arroz, também observaram um incremento desta, quando se aumentou o período de saturação do solo, e atribuíram este resultado ao maior conteúdo de Fe e Mn contidos em solos sob estas condições. Moolani et alii citados por GORANTWAR & JAGGI (37) indicam a saturação parcial ou total do solo como uma prática de manejo da água capaz de substituir a submersão. No entanto, de acordo com SANCHEZ (76) existem dificuldades para saturação de campos de arroz.

No nível de 40% de umidade do solo, a produção de matéria seca da parte aérea foi superior no intervalo zero, decresceu no intervalo de dois dias e não diferiu significativamente nos intervalos de quatro, seis e oito dias. Comportamento semelhante foi verificado em relação aos intervalos de irrigação de 0,2 e 4 dias, nos níveis de 60% e 80%. Já no nível de 100% de umidade, o decréscimo foi significativo a cada aumento de intervalo entre irrigações. Ocorre que o aumento do período de seca concorreu para reduzir a umidade do solo disponível às plantas e isso limitou o seu crescimento. Resultados semelhantes de menor produção de matéria seca, em condições de pouca disponibilidade de água no solo, foram verificados por (26, 39, 67, 89). Com a redução da umidade do solo ocorre uma redução interna de água na planta que causa uma diminuição na divisão celular e alongamento celular que afeta o crescimento vegetativo. Ocorre também um fechamento dos estômatos, menor troca gasosa e uma menor fotossíntese.

Observa-se que a produção de matéria seca da parte aérea, no intervalo de oito dias no nível de 100% de umidade (12,73 g/vaso) foi superior à verificada no intervalo zero, no nível de 40% de umidade (9,88 g/vaso). Isso indica que a saturação alternada do solo afeta em menor escala o crescimento das plantas de arroz do que a manutenção constante de níveis baixos de umidade no solo. De acordo com TSUTSUL (94) a irrigação intermitente é uma prática de manejo da água no solo que pode proporcionar altos rendimentos de produção além de apresentar a vantagem de economizar água.

A produção de matéria seca da parte aérea não se elevou mesmo nos tratamentos sem limitação de água. Isto pode ter ocorrido devido às baixas taxas de absorção de fósforo verificadas (Quadro 7), pois segundo MALAVOLTA (56), FAGERIA & WILCOX (29) a deficiência de fósforo em plantas de arroz provoca diminuição na altura de plantas, altera a produção de folhas, colmos e panículas, o que reduzirá, conseqüentemente, a matéria seca.

O estudo de regressão para intervalos de irrigação mostrou uma resposta linear decrescente, altamente significativa para produção de matéria seca da parte aérea em todos os níveis de umidade no solo (Figura 2). Resposta semelhante para o estudo de regressão da matéria seca da parte aérea do arroz sobre várias umidades de solo, foi verificada por STONE (89).

Observa-se ainda, que essa característica diferiu significativamente nos vários níveis de umidade no solo, sendo que a produção máxima foi verificada em 100%, decrescendo para atingir um valor mínimo em 40% de umidade. Efeitos semelhantes foram verifi-

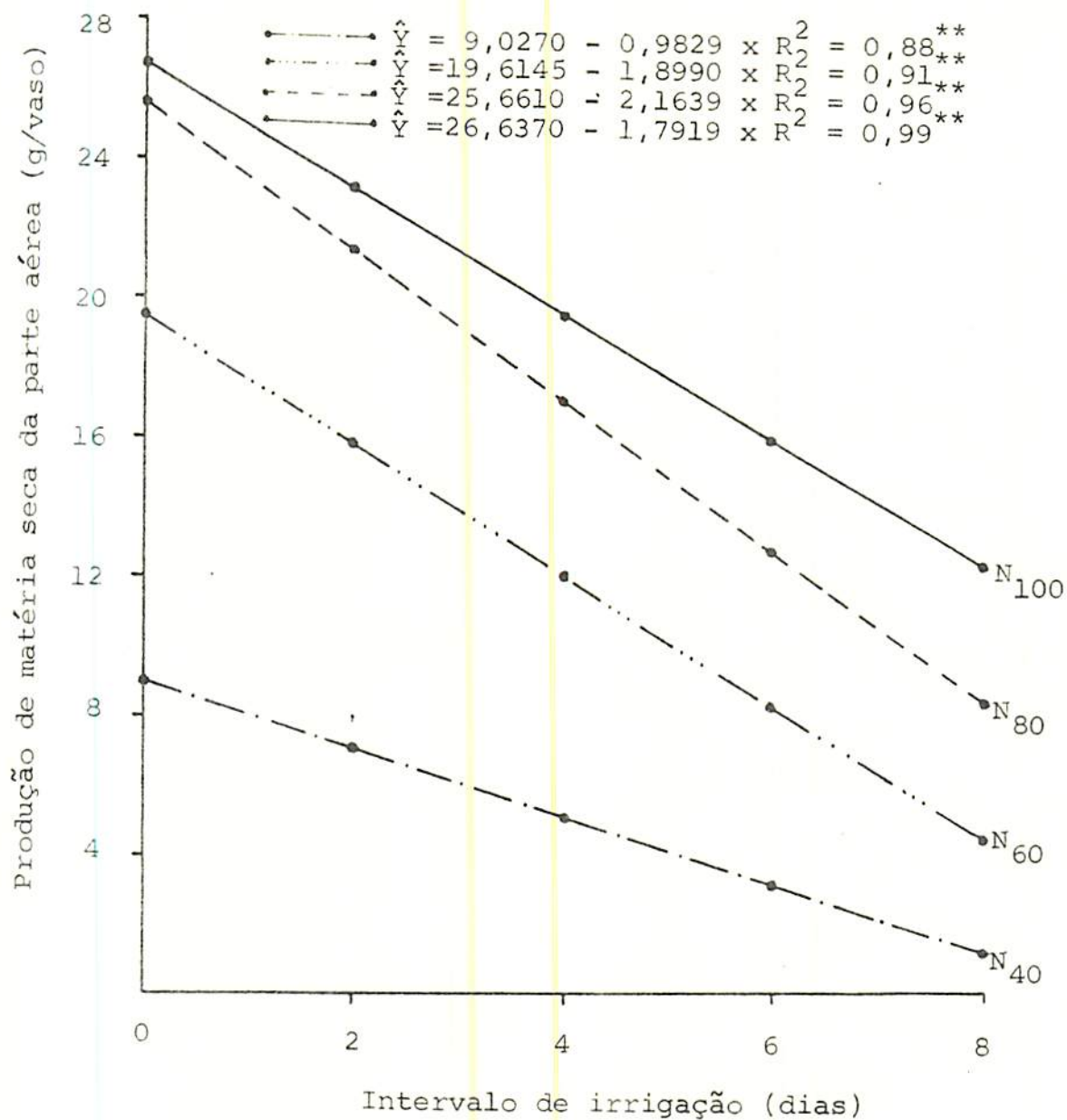


FIGURA 2. Equação de regressão para produção de matéria seca da parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

cados por (66, 67, 81, 93) que também relataram o efeito benéfico do aumento da umidade no solo sobre o crescimento e consequente aumento na produção de matéria seca de plantas de arroz.

4.1.2. Matéria seca da raiz

Mesmo com a realização do experimento em vasos, houve diferenças significativas para os diversos intervalos de irrigação em relação ao sistema radicular das plantas. Isto ocorreu porque a profundidade do solo no vaso foi igual a 0,20 m e a maioria das raízes do arroz são confinadas à superfície do solo. A distribuição de raízes é negligível além de 0,20 m abaixo da superfície do solo, segundo Germek et alii e Krupp et alii citados por STONE (89).

Há uma discordância quanto ao desenvolvimento do sistema radicular de plantas em relação ao manejo de água no solo.

Observa-se pelo Quadro 4 que, de uma maneira geral, houve um aumento no peso de matéria seca de raízes à medida que se diminuem os intervalos de irrigação. Isto demonstra que, nessas condições, o crescimento das raízes foi favorecido. No entanto, (6, 23, 43, 89), e especificamente em arroz, Bamba e Ohkuba citados por STONE (89) relataram um aumento no peso da matéria seca de raízes com ocorrência de deficiência hídrica.

Os menores valores de peso de matéria seca de raízes foram observados no intervalo de irrigação de oito dias para todos os níveis de água no solo.

Os maiores pesos de matéria seca de raízes foram verificados no intervalo zero para os níveis de umidade. No entanto, no nível de 80%, não diferiu do intervalo de irrigação de dois dias.

Não ocorreu diferença significativa entre os níveis de 80 e 100% de umidade do solo para a matéria seca do sistema radicular. COGO & SCOPEL (17) também encontraram que o peso da matéria seca de raízes de milho não foi afetado significativamente por diferentes teores de água no solo impostos durante o ciclo da cultura.

Outrossim, os pesos de matéria seca de raízes encontradas nos níveis de 80 e 100% diferiram significativamente dos de 60 e 40%, sendo que o peso mínimo foi verificado neste último. Isto indica que as condições de mais alta umidade no solo contribuíram para um desenvolvimento superior das raízes do arroz. SAHA, GHILDYAL & GANGWAR (74), DAS & JAT (22) também verificaram maior peso de matéria seca de raízes de arroz em níveis mais altos de umidade no solo. FREIRE et alii (32) constataram um aumento no desenvolvimento de raízes do milho até um nível de 80% do VTP preenchido com água. No entanto, COGO & SOUZA (18) encontraram um menor peso de raízes de milho em níveis mais baixos de tensão de umidade no solo e maior número de regas/dia.

Na figura 3 observa-se que houve uma correlação linear, crescente e altamente significativa, entre intervalos de irrigação e peso de matéria seca de raízes de arroz nos diferentes níveis de umidade do solo. Isso vem indicar, que nesse experimento houve uma limitação no crescimento do sistema radicular das plan

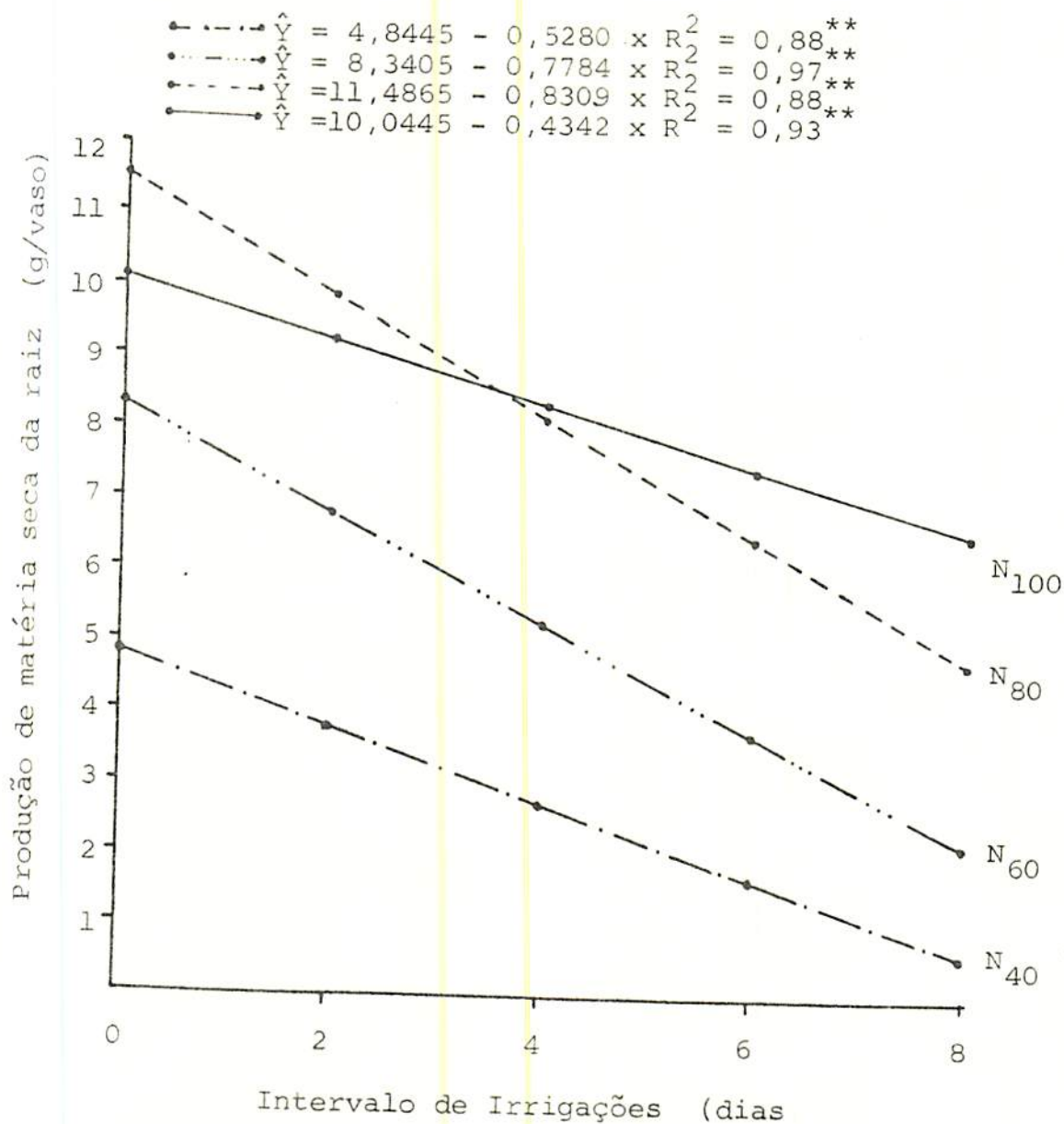


FIGURA 3. Equação de regressão para produção de matéria seca da raiz de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

tas provocado por menores unidades no solo.

4.1.3. Altura de planta

As médias de altura de planta, obtidas nos diferentes tratamentos podem ser observadas no Quadro 4.

Houve uma interação significativa entre intervalos de irrigação e níveis de umidade no solo, com relação à altura de planta.

Ocorreu uma redução na altura das plantas de arroz à medida que se aumentaram os intervalos de irrigação, atingindo valores mínimos no intervalo de oito dias. Porém, essa redução não foi significativamente diferente do intervalo de seis dias para os níveis de umidade correspondentes a 80, 60 e 40%, sendo que, neste último, não diferenciou também do intervalo de quatro dias. Redução na altura de planta foi constatada por STONE (89) em plantas de arroz submetidas a veranicos de oito dias. ALVAREZ & DEDATTA (2), SHIGA (80) e Yoshida citado por STONE (89) também observaram um decréscimo na altura de plantas quando estas sofreram deficiência hídrica. Uma menor altura de plantas pode ser explicada pela diminuição na turgescência das células, a qual provoca uma redução de expansão celular, o que, por sua vez, reduz o alongamento do colmo e da folha, HSIAO & ACEVEDO (43), KRAMER (48). Além disto, de acordo com KRAMER (47), em circunstâncias de deficiência hídrica, o abastecimento de substâncias reguladoras de crescimento que as raízes fornecem ao caule, é reduzido; o que, aliado à

síntese reduzida destas substâncias na ausência de água, talvez seja um fator importante na redução do crescimento de plantas que sofreram deficiência hídrica. De acordo com Livne e Vaadia citados por STONE (89), como consequência da deficiência hídrica, a atividade da citocinina é reduzida, enquanto que a do ácido abscísico aumenta. Aumentando a atividade do ácido abscísico, que é um hormônio inibidor do crescimento, esse, conseqüentemente, reduzir-se-á.

Os intervalos quatro, seis e oito dias entre irrigações não diferiram significativamente entre si dentro do nível de 40% de umidade. STONE (89) submetendo plantas de arroz a períodos de veranicos de quatro e oito dias na fase de emissão de panícula, também não encontrou diferença significativa entre esses dois tratamentos.

As maiores alturas de planta foram verificadas nos intervalos de zero dia para todos os níveis, sendo que esses resultados não diferenciaram significativamente do intervalo de dois dias nos níveis de 40 e 100% de umidade. Respostas de incremento na altura de plantas a níveis mais altos de umidade no solo também foram verificadas por CHAUDHRY & McLEAN (13), SEN & DAS GUPTA (79) em arroz. Irrigando-se a cultura diariamente mantém-se, consequentemente, um maior nível de umidade no solo, o que, por sua vez, favorecerá um maior crescimento de plantas.

O maior crescimento das plantas de arroz sob altas condições de umidade no solo poderia ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes em condições mais úmidas, DAS & JAT (22).

Nota-se que houve uma maior altura de planta, no intervalo de oito dias, dentro do nível de 100% (39,4 cm) quando comparado ao intervalo zero no nível de 40% (29,4 cm). Mesmo havendo um decréscimo de água no solo, até na irrigação dos oito dias, essas plantas apresentaram uma altura superior àquelas que foram cultivadas sob uma umidade constante no solo. Entretanto, parece que essa umidade (40%) não foi suficiente para promover um desenvolvimento normal das plantas. O mesmo ocorreu com o peso de matéria seca da parte aérea e também do sistema radicular.

Ocorreu uma diferença significativa entre os vários níveis de umidade do solo, em relação à altura de plantas. As maiores alturas de plantas foram verificadas no nível de 100% de umidade, sendo que essas decresceram com o decréscimo da umidade, atingindo um valor mínimo em 40% (21,5 cm). Resultados semelhantes de decréscimo na altura de plantas com o aumento na tensão de umidade do solo foram verificadas por PATRICK & FONTENOT (67), OBERMUELLER & MIKKELSEN (64). No entanto, HALM (39), submetendo plantas de arroz a três regimes de umidade no solo (capacidade de campo, saturação e submersão), afirma que as alturas médias de todas as plantas foram semelhantes em todos os tratamentos. LOPEZ (53) relata que o nível de umidade no solo não provocou diferenças consideráveis na altura de plantas de arroz, pois as médias de ensaios com e sem déficit hídrico, não se mostraram diferentes. Isto pode significar que o déficit hídrico na planta não foi equivalente ao déficit hídrico no solo e as plantas conseguiram preservar um teor de umidade nos seus tecidos que lhes permitiu manter ativos os seus processos metabólicos vitais, KRAMER (48).

De uma maneira geral, as plantas não cresceram de maneira satisfatória, mesmo nos tratamentos sem limitação de água. Isto, provavelmente, ocorreu devido às baixas taxas de absorção de fósforo dessas plantas, pois é sabido que a deficiência deste elemento reduz a altura de plantas de arroz, MALAVOLTA (56). As condições de alta temperatura na casa de vegetação parecem também ter afetado a altura das plantas, devido à alta evapotranspiração existente nestas condições.

O desdobramento dos graus de liberdade de intervalos de irrigação para o estudo de regressão das alturas de plantas, apresentou uma resposta linear negativa, altamente significativa em todos os níveis de umidade no solo. Outrossim, isso indica que o crescimento de plantas diminui proporcionalmente com o aumento de intervalos entre irrigações, Figura 4.

4.2. Absorção de nutrientes

4.2.1. Nitrogênio

No Quadro 5, podem ser vistas as quantidades médias de nitrogênio absorvidas pela parte aérea da planta nos diferentes tratamentos.

A quantidade de nitrogênio absorvida pela planta como um todo, ou por suas partes, está relacionada com o seu teor de nitrogênio e com seu rendimento de matéria seca. O aumento em um destes parâmetros implica em aumento na quantidade de nitrogênio absorvida, desde que o outro não diminua, STONE (89).

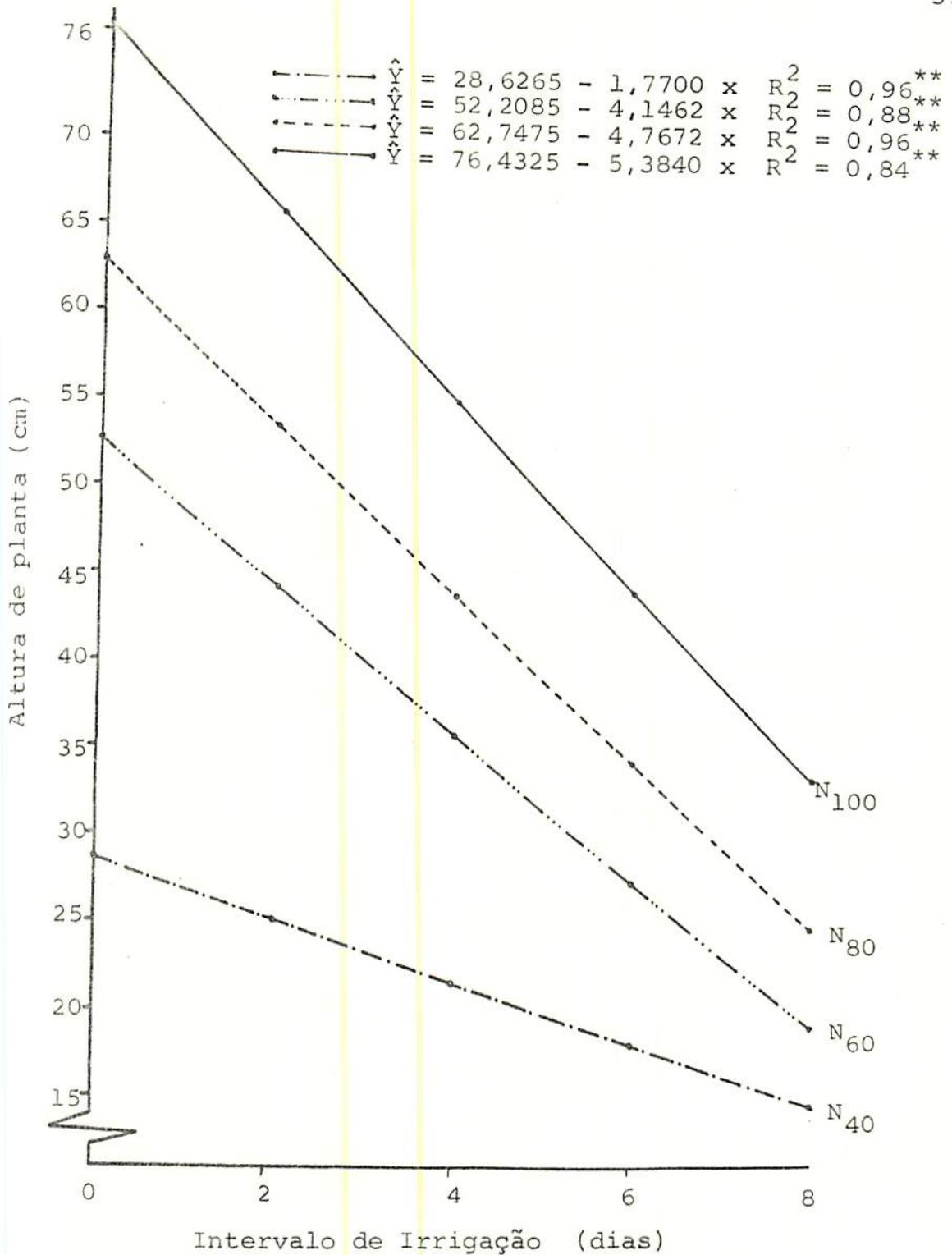


FIGURA 4. Equação de regressão para altura de planta de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

QUADRO 5. Médias da quantidade de N, P, K, Fe e Mn absorvida pela parte aérea de arroz cv. "IAC-25" sob quatro níveis de umidade no solo e 5 intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Inte[valos (dias)	N					K					Fe					Mn				
	Níveis de água (%)					Níveis de água (%)					Níveis de água (%)					Níveis de água (%)				
	40	60	80	100		40	60	80	100		40	60	80	100		40	60	80	100	
0	271,36 a	360,20 a	341,32 a	380,80 a		144,02 a	181,24 a	208,42 a	190,44 a		1,04 a	1,54 a	1,57 a	4,16 a		4,48 a	8,88 a	15,95 a	18,11 c	
2	207,73 b	325,02 ab	335,73 a	307,25 b		135,99 a	179,48 a	191,77 ab	190,27 a		0,87 a	1,31 ab	1,78 a	1,56 b		4,30 a	7,07 a	12,42 ab	34,06 a	
4	91,87 c	301,64 b	346,53 a	293,28 b		68,42 b	166,20 a	187,01 ab	190,01 a		0,32 b	1,21 b	1,34 ab	1,54 b		1,96 a	5,15 a	8,27 b	25,36 b	
6	97,37 c	262,86 b	317,67 a	290,16 b		69,57 b	167,50 a	186,37 b	185,11 a		0,36 b	0,99 b	1,32 ab	1,44 b		2,02 a	3,90 a	8,50 b	23,89 b	
8	61,89 c	193,15 c	286,00 a	300,88 b		47,29 c	140,28 b	170,88 b	184,91 a		0,25 b	0,79 b	1,12 b	1,34 b		1,31 a	3,17 a	8,15 b	18,19 c	
MÉDIA	146,06 c	288,57 b	325,54 A	314,47 AB		93,06 c	166,94 B	188,89 A	188,15 AB		0,57 D	1,17 C	1,42 B	2,01 A		2,91 C	5,63 C	10,66 B	23,92 A	

* 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.

A maior absorção de nitrogênio se deu no intervalo zero dentro de todos os níveis, sendo que o valor máximo (380,8 mg/vaso) foi verificado, nesse intervalo, no nível de 100% de saturação do solo. A absorção intensificada do nitrogênio sob regimes mais altos de umidade do solo, pode ser devido ao melhor crescimento e maior produção de matéria seca do arroz em condições mais altas de umidade no solo. LAL & SHARMA (51) também atribuem a maior absorção de nitrogênio pela cevada, em condições de alta umidade, ao maior crescimento e produtividade dessa em condições de alta umidade. Nessas condições, quando se utiliza fontes amoniacais como adubo (sulfato de amônio), o íon amônio, no estado reduzido, se acumula como NH_4^+ trocável ou na solução do solo, SANCHEZ (76) sendo exaurido pela absorção das plantas. De acordo com Mitsui, Baba et alii citados por MORAES (61), a absorção de nitrogênio é a menos afetada pelas condições de oxi-redução.

A absorção de N diferiu significativamente dentro do nível de 40% de umidade no solo, nos intervalos zero, dois e quatro dias sendo que este último não diferiu significativamente dos intervalos de seis e oito dias, acompanhando, dessa forma, o rendimento de matéria seca da parte aérea. Observa-se que houve um decréscimo na absorção de N à medida que se aumentaram os intervalos de irrigação.

Essa menor absorção ocorreu provavelmente porque, com o aumento nos intervalos de irrigação, houve uma redução na umidade do solo, e isso, por sua vez, afetou a absorção deste nutriente que se dá quase totalmente por fluxo de massa, sendo, desta

maneira, favorecida pelo conteúdo de umidade no solo, MALAVOLTA (54).

Para a absorção de nitrogênio, o desdobramento dos graus de liberdade de intervalos de irrigação no nível de 40% de umidade, para o estudo de regressão, apresentou resposta quadrática (Figura 5). Observa-se que a absorção mínima de nitrogênio (65,50 mg/vaso) foi obtida fora dos intervalos de irrigação aqui testados.

A absorção de nitrogênio diminuiu com o aumento dos intervalos de irrigação no nível de 60% de umidade. Não ocorreu diferença significativa para a quantidade de nitrogênio absorvida nos diferentes intervalos dentro do nível de 80% de umidade. O teor de nitrogênio aumentou com o acréscimo dos intervalos de irrigação e o rendimento de matéria seca diminuiu nesse nível de umidade, resultando que os tratamentos de intervalo de irrigação não afetaram significativamente a quantidade de nitrogênio absorvido pela parte aérea. Já no nível de 100% de umidade houve diferença significativa apenas para o intervalo zero em relação aos demais intervalos que não diferenciaram entre si. Portanto a saturação contínua do solo promoveu um maior aproveitamento do N disponível no solo pela planta.

O desdobramento dos graus de liberdade para intervalos de irrigação, dentro dos níveis de 60 e 80% de umidade no solo, em relação à absorção de nitrogênio pela parte aérea das plantas de arroz para o estudo de regressão, apresentaram respostas lineares negativa com altos níveis de significância, Figura 5.

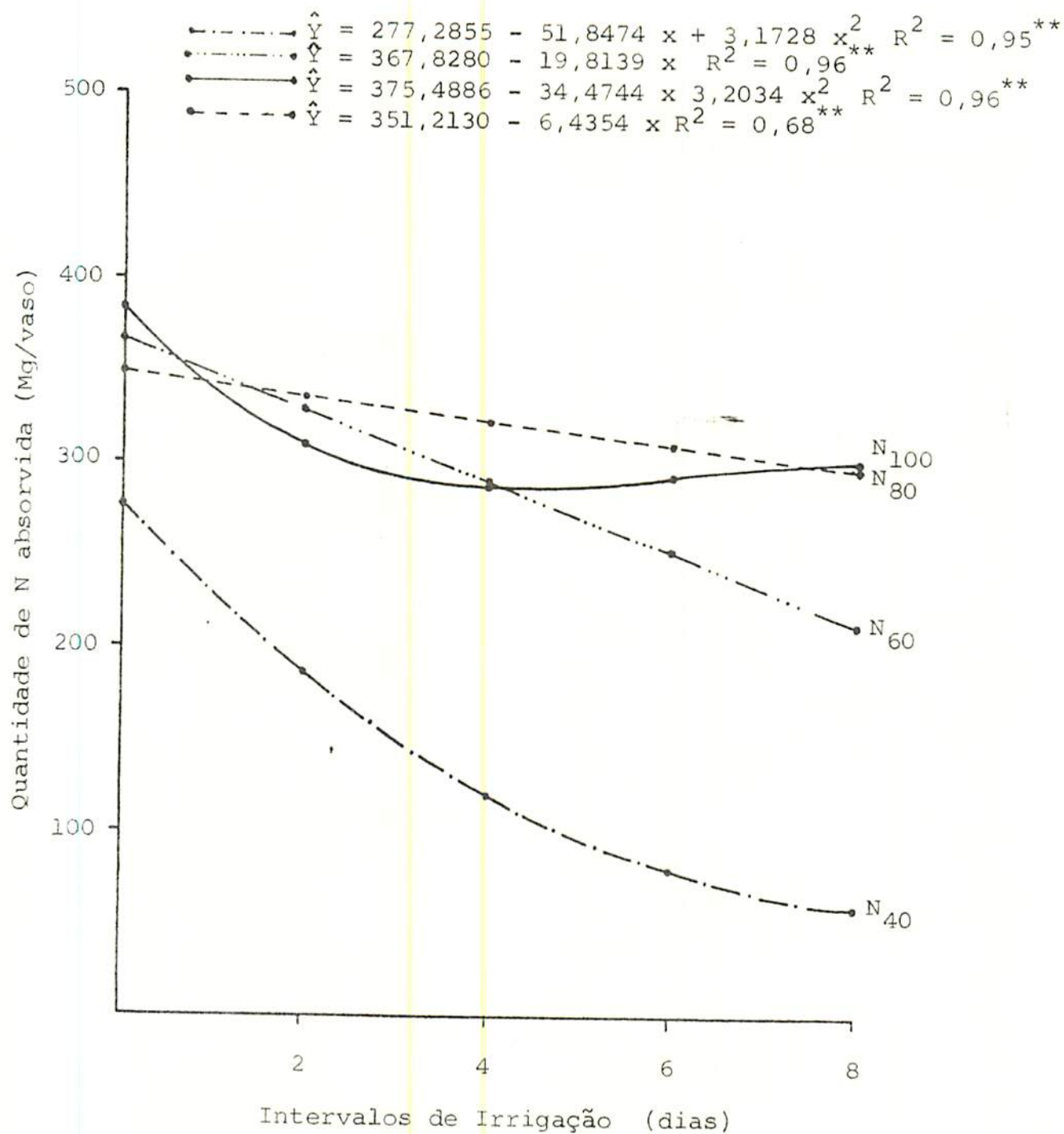


FIGURA 5. Equação de regressão para absorção de nitrogênio pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25" submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

O mesmo desdobramento para o nível de 100% apresentou resposta quadrática, mostrando uma absorção mínima de nitrogênio (282 mg/vaso) em um intervalo de cinco dias de irrigação, Figura 5. Este resultado não concorda com os encontrados na literatura, pois STONE (89) observou um efeito linear decrescente na absorção de nitrogênio, quando aumentou os períodos de veranico impostos durante o ciclo da cultura do arroz.

A quantidade de nitrogênio absorvida foi superior nos níveis de umidade de 80 e 100%. Maiores valores de absorção de nitrogênio em solos saturados, próximos à saturação e completamente saturados foram observados por (27, 40, 65, 92), respectivamente. De acordo com BIWAS & MAHAPATRA (7), a absorção mais alta de nitrogênio em condições de alta umidade no solo pode ser devido à maior disponibilidade de outros nutrientes nestas condições.

A quantidade de nitrogênio absorvida foi menor no nível de 40% de umidade do solo, o que concorda com os resultados verificados por HALM (39), que verificou uma menor absorção deste nutriente em condições de solo com menor umidade.

4.2.2. Fósforo

Não houve interação significativa entre intervalos de irrigação e níveis de umidade no solo, com relação a quantidade de fósforo absorvida pelas plantas de arroz (Quadro 1 B).

No Quadro 6, podem ser observadas as quantidades médias de fósforo absorvidas pela parte aérea das plantas, nos diferentes

níveis de umidade do solo.

(Observa-se que houve um decréscimo na absorção do fósforo pela parte aérea, à medida que a umidade do solo decresceu. Isto se deve ao fato de que, provavelmente, este elemento é mais disponível em condições de maior umidade no solo do que em solo seco.) A razão pela qual a disponibilidade de fósforo é maior em condições de solo mais úmido é explicada através da redução do fosfato férrico em fosfato ferroso mais solúvel (64, 76, 86), Shapiro citado por PATRICK JUNIOR & FONTENOT (68), RAMOS (72). Absorção incrementada de fósforo com o acréscimo da umidade do solo também foi observada por GANGWAR & MANN (35), MANDAL & KHAN (58). No entanto, SUBRAMANIAN & RAJAGOPALAN (92) afirmam que a absorção de fósforo pelo arroz não foi afetada pelos manejos da água no solo, impostos durante o ciclo da cultura.

A menor quantidade de fósforo absorvida pela planta foi no nível mais baixo de umidade no solo (40%), diferindo significativamente da verificada em 60 e 80%. Explica RAMOS (72) que em solos mais secos ocorre o fenômeno da fixação do fósforo, devido principalmente ao ferro e manganês. Isto torna o fósforo insolúvel e portanto, menos disponível às plantas.

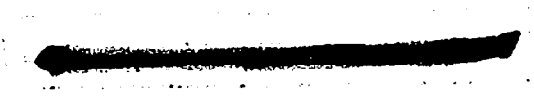
A absorção de fósforo no nível de 100% de umidade foi inferior àquela verificada em 80% e 60%, respectivamente. Isto pode ter ocorrido porque em solos altamente úmidos, com o aumento do ferro, ocorre uma precipitação deste elemento na raiz, impedindo que haja a translocação do fósforo para a parte aérea das plantas. Vale a pena ressaltar que RAMOS (72), cita esse fenômeno como um

dos mais frequentes em condições de solos muito úmidos.

Os intervalos de irrigação afetaram de maneira significativa a absorção de fósforo, como pode ser observado no Quadro 7.

Esses resultados não concordam com a afirmação de Prabhar e Singh citados por SINGH, BADWA & SINGH (84) de que a absorção de fósforo não está relacionada com a frequência de irrigação. No entanto, essa afirmação foi feita com base nos resultados obtidos em um experimento com a cultura do trigo. Patrick e Mikkelsen, citados por SANCHEZ (76), sugeriram que a fixação de fósforo é mais intensiva e menos reversível sob umedecimento e secagem alternados do solo do que sob condições aeróbicas contínuas ou sob saturação ou inundação contínua. Isso pode explicar a menor absorção nos intervalos de seis e oito dias.

A quantidade de fósforo absorvida pelas plantas mesmo em condições ideais de umidade do solo, são inferiores às verificadas na literatura. Segundo FAGERIA (28) quando a água não é fator limitante, a deficiência de fósforo é o fator mais limitante para o arroz. No entanto, apesar das baixas quantidades de fósforo absorvidas como as verificadas nesse experimento, as plantas não apresentaram sintomas visuais de carência destes elementos. Provavelmente, porque a cultivar utilizada "IAC-25" é considerada como eficiente não responsável, ou seja, possui excelente tolerância a baixos níveis de fósforo, de acordo com a afirmação de Fageria e Barbosa Filho citados por FORNASIERE (32). Contudo, foi observado que essa baixa absorção de fósforo contribuiu para a menor produção de matéria seca da parte aérea e altura de planta verificadas.



Tanaka e Yoshida, citados por MALAVOLTA (56), relatam que deficiência de fósforo causa, ainda, pequeno desenvolvimento das plantas e baixo perfilhamento. CHAUDHRY & McLEAN (14) também citam que a diminuição do fósforo é manifestada por uma redução no crescimento da planta. Eles explicam que este elemento é componente do núcleo proteína e, desse modo, essencial para a divisão celular.

As baixas quantidades de fósforo absorvidas pela planta, aqui relatadas, podem ser atribuídas, talvez à alta fixação desse elemento em solos argilosos (como o utilizado), ou a adubação fosfatada utilizada que pode ter sido baixa para as condições de casa de vegetação. O umedecimento e secagem do solo, como o ocorrido em vários tratamentos, podem também ter contribuído para o aumento da fixação. Já no solo saturado pode ocorrer combinação do ferro absorvido com o fósforo a nível radicular, e a translocação deste último ser impedida, MORAES (61).

O desdobramento dos graus de liberdade dos intervalos de irrigação para o estudo de regressão em relação a quantidade de fósforo absorvida pela planta, apresentou resposta quadrática altamente significativa. A absorção mínima foi verificada fora dos intervalos de irrigação utilizados, Figura 6.

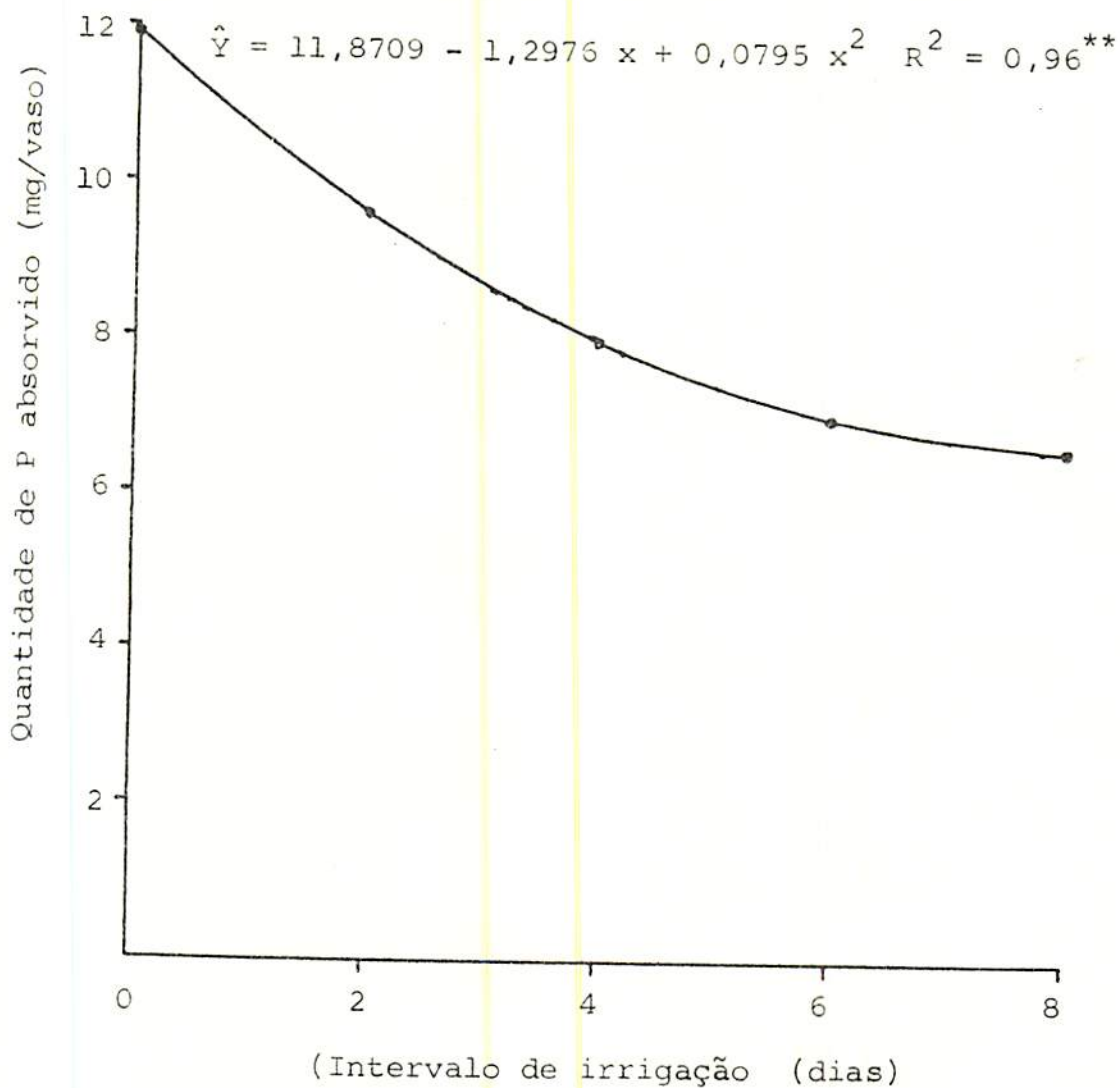


FIGURA 6. Equação de regressão para a absorção de fósforo pela parte aérea de plantas de arroz cv. "IAC-25", em diferentes intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG., 1982/83.

QUADRO 6. Médias da quantidade de fósforo absorvida pela parte aérea da planta de arroz, cv. "IAC-25" sob quatro níveis de umidade no solo. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Níveis de água (%)			
40	60	80	100
4,50 C	9,76 AB	10,81 A	9,29 B

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

QUADRO 7. Médias da quantidade de fósforo absorvida pela parte aérea da planta de arroz, cv. "IAC-25" sob cinco intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Intervalos de irrigação (dias)				
0	2	4	6	8
12,01 A	9,45 B	7,53 C	7,66 C	6,29 C

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

4.2.3. Potássio

As quantidades médias de potássio absorvido pela planta nos diferentes tratamentos, são mostradas no Quadro 7.

Observa-se que a absorção desse elemento foi afetada pelos diversos tratamentos de manejo de água. As maiores quantidades absorvidas foram verificadas no intervalo zero para todos os níveis de umidade. Isso pode indicar que a absorção desse elemento pela planta é favorecida por condições contínuas de umidade no solo.

A absorção de K decresceu à medida que se aumentaram os intervalos entre irrigações no nível de 40% de umidade no solo. Já dentro do nível de 60% de umidade, a absorção de potássio diferiu significativamente das demais apenas para o intervalo de oito dias, sendo, neste intervalo, inferior aos restantes.

No nível de 80% de umidade, a quantidade de potássio absorvida também decresceu com o aumento dos intervalos de irrigação. As quantidades de potássio absorvidas no nível de 100% de umidade no solo decresceram com o aumento dos intervalos entre irrigações; no entanto, esses decréscimos não foram marcantes, uma vez que não foi verificada diferença significativa na absorção de potássio nos diferentes intervalos em 100% de umidade do solo.

Houve, como relatado anteriormente, uma quantidade superior de potássio absorvido para o intervalo zero em todos os níveis de umidade no solo. Esses resultados não concordam com os verificados por SUBRAMANIAN & RAJAGOPALAN (92) e HALM (39) que en

contraram maiores quantidades absorvidas de potássio com o decréscimo na umidade do solo. Entretanto esses resultados foram verificados para campo e para um volume de 6 kg de solo por vaso, respectivamente. Nessas condições pode ter ocorrido uma lixiviação deste elemento no solo o que diminuiu a absorção. A lixiviação do potássio não pode ter ocorrido nas condições do presente experimento, uma vez que o volume de solo foi bastante limitado, além do vaso ser vedado.

Observa-se na Figura 7 que a absorção de potássio apresentou uma correlação linear negativa, altamente significativa, para os intervalos de irrigação nos níveis de 40, 60 e 80% de umidade. O teste "F" para regressão no nível de 100% não apresentou significância.

A quantidade de potássio absorvida foi superior nos tratamentos de maior umidade 80 e 100%, respectivamente. Esses valores diferiram significativamente dos verificados em 60 e 40%, sendo que a menor absorção se deu em 40% de umidade do solo. O potássio é um nutriente absorvido em maior quantidade por difusão e em menor quantidade por fluxo de massa. A umidade do solo como observada no Quadro 4, contribuiu para um maior peso da matéria seca de raízes, ou seja, um maior volume de raízes. Esse maior volume de raízes, provavelmente contribuiu para a maior absorção de potássio nos tratamentos mais úmidos, visto que a superfície de contato das raízes com o solo é maior.

A absorção de potássio no nível de 100% de umidade apesar de não diferir significativamente da observada em 80%, apre-

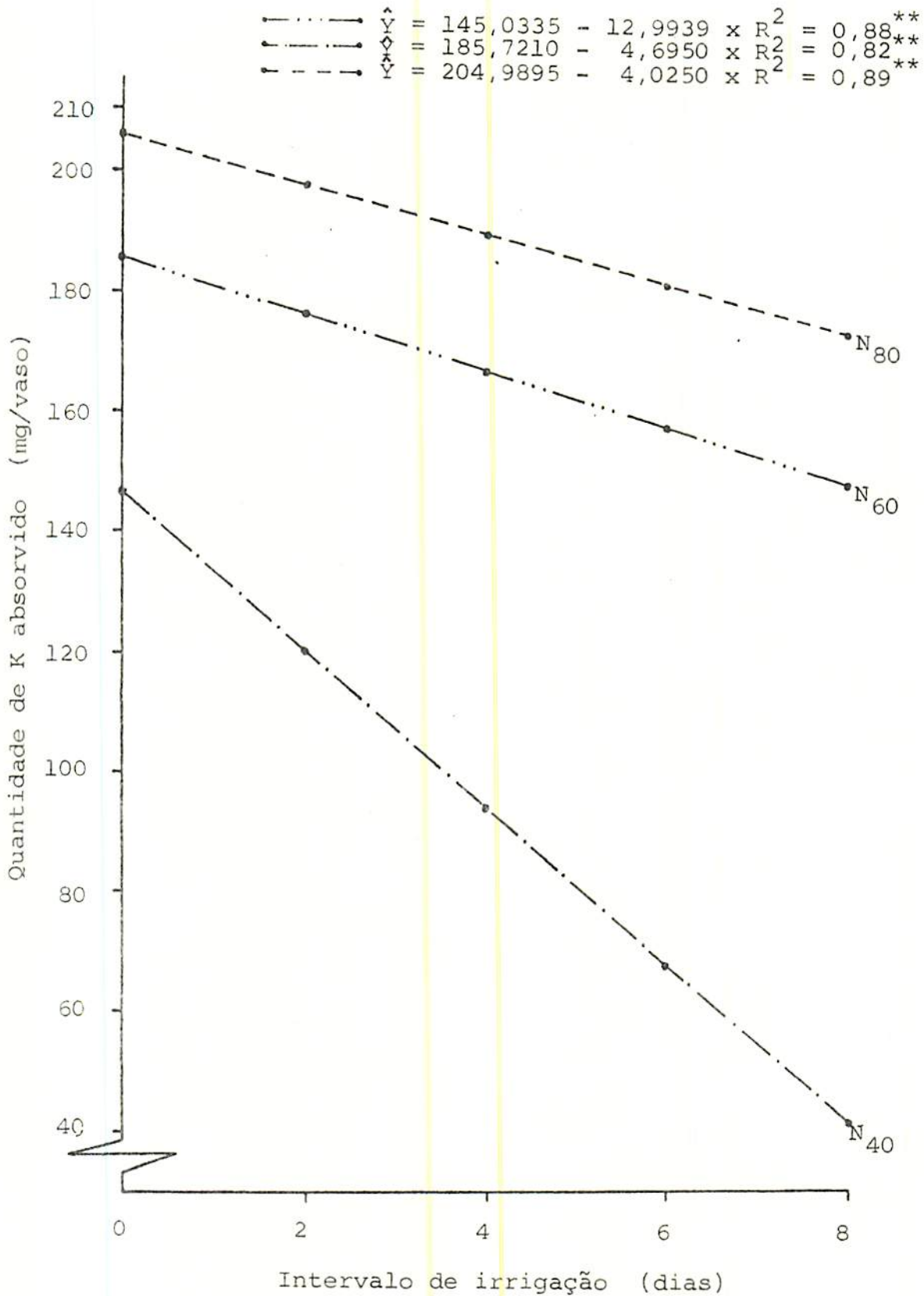


FIGURA 7. Equações de regressão para a absorção de potássio pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

sentou uma tendência estatisticamente semelhante ao nível de 60%. Essa pequena diferença (0,74 mg/vaso) de absorção verificada para o nível de 100% de umidade, provavelmente foi devido ao acúmulo de CO₂ ou presença de produtos de redução na condição de saturação, pois segundo Mitsui e Baba et alii citados por MORAES (61) esses fatores inibem a absorção do potássio. OBERMUELLER & MIKKELSEN (64) encontraram uma maior quantidade de potássio absorvida pela palha de arroz no nível de umidade de solo de 80% do que àquela encontrada em solo inundado. No entanto o autor afirma que não é uma característica comum e que os mecanismos químicos e físicos que causaram esta diferença não são conhecidos.

Os resultados obtidos de aumento na absorção de potássio em arroz, com o incremento de umidade no solo, concordam com os observados por SAHA, GHILDHYAL & GANGWAR (74), OBERMUELLER MIKKELSEN (64).

4.2.4. Ferro

As quantidades médias de ferro absorvido nos diferentes tratamentos são mostradas no Quadro 7.

Para o nível de 40% de umidade do solo, a maior quantidade de ferro absorvida foi verificada nos intervalos de zero e dois dias de irrigação. Os intervalos quatro, seis e oito dias não diferiram significativamente entre si. A absorção de ferro neste nível seguiu a mesma tendência da produção de matéria seca da parte aérea. Comportamento semelhante foi observado no nível de 60 %

de umidade. Já no nível de 80% de umidade, a absorção de ferro foi semelhante nos intervalos de zero, dois, quatro e seis dias, diferindo de maneira significativa do intervalo de oito dias, onde apresentou um valor mínimo.

De uma maneira geral, nota-se que nesses três níveis de umidade houve um decréscimo na absorção do ferro em relação ao aumento dos intervalos de irrigação. Isto ocorreu, provavelmente porque, aumentando-se os intervalos de irrigação a umidade decresce até a próxima irrigação, proporcionando, nesse período, condições de solo mais seco e de boa aeração. Nessas condições segundo SANCHEZ (76), MALAVOLTA (55) ocorre a oxidação do ferro ferroso a férrico. A forma férrica é menos absorvida pela planta, pois parece que a eficiência de absorção está relacionada com a capacidade que as raízes possuem de efetuar na superfície externa do plasmalena, a redução do Fe^{+3} para Fe^{+2} em que o elétron é fornecido pelo sistema das flavinas ou do citocromo, MALAVOLTA (55).

O desdobramento dos graus de liberdade para os intervalos de irrigação, com relação à absorção do ferro, apresentou resposta linear decrescente nos níveis de 40, 60 e 80% de umidade no solo, com coeficientes de correlação da ordem de $0,84^{**}$, $0,99^{**}$ e $0,71^{**}$, respectivamente, (Figura 8).

A quantidade de ferro absorvida no nível de umidade de 100% foi máxima no intervalo de zero dia, sendo que para os demais intervalos não ocorreu diferença significativa. Essa maior absorção em condições de solos saturados é explicável, pois é sabido que, em condições anaeróbicas contínuas, os óxidos de ferro

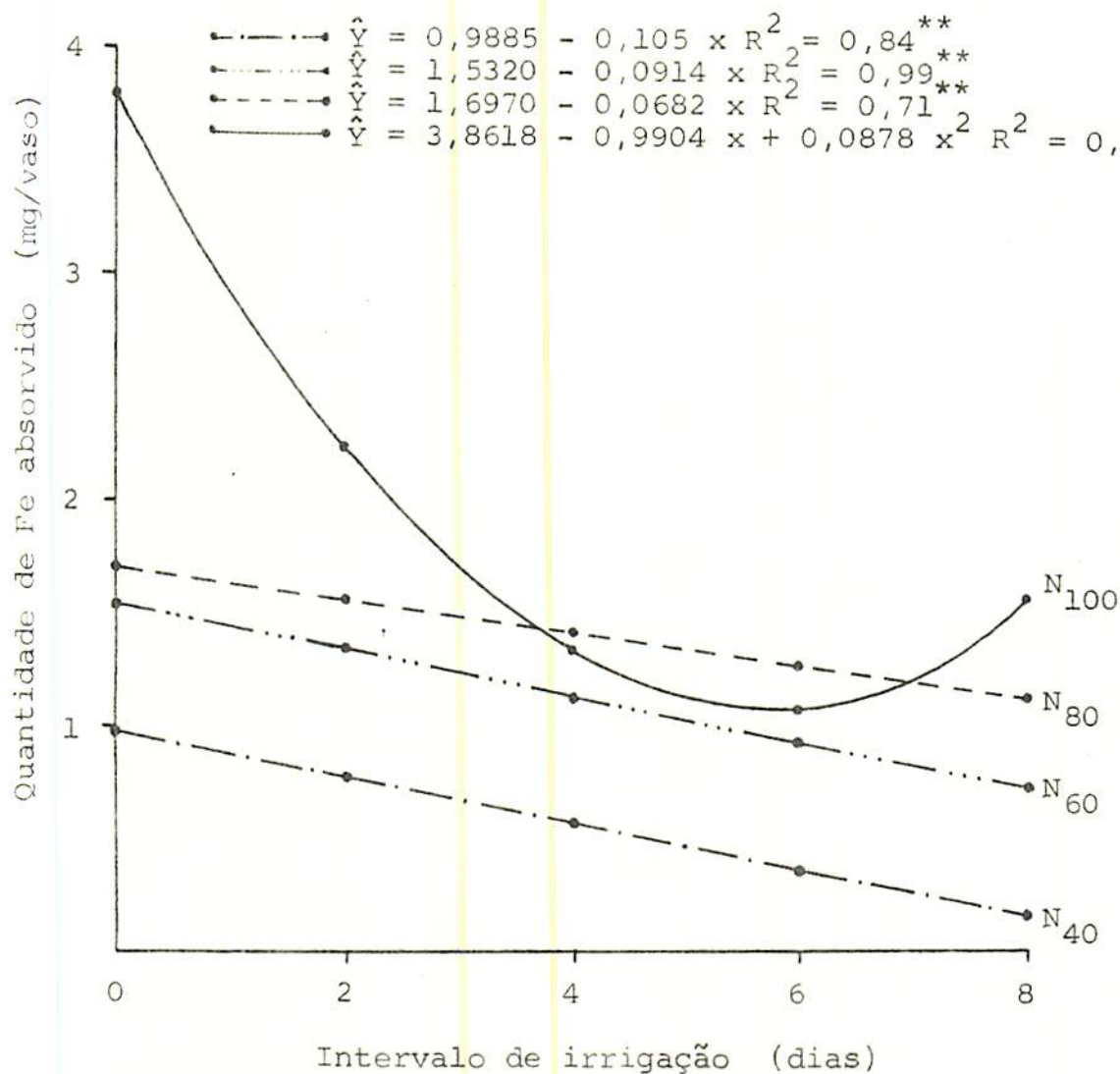


FIGURA 8. Equações de regressão para a absorção de ferro pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

férrico são intensamente reduzidos à forma ferrosa, SANCHEZ (76), Pathak et alii, Jaggi e Russel, Garantwar et alii citados por KUMAR et alii (50), OBERMUELLER & MIKKELSEN (64). Portanto, segundo (46, 50, 75, 93) verifica-se, nessas condições, uma maior disponibilidade desse nutriente.

As quantidades mais altas de ferro absorvidas no tratamento de saturação contínua concordam com os verificados por (14, 34, 64, 92, 93).

No nível de 100% de umidade ou saturação, os intervalos de irrigação apresentaram resposta quadrática com um coeficiente de correlação altamente significativo $R^2 = 0,87^{**}$ em relação a absorção do ferro pela planta. A absorção mínima (1,07 mg/vaso) foi verificada no intervalo de cinco dias, Figura 8.

Independente dos intervalos de irrigação, observou-se que a absorção de ferro foi superior no nível de 100% de umidade, de crescendo a partir daí até os níveis de 80, 60 e 40% que diferiram significativamente entre si. Nota-se que a maior umidade do solo contribuiu para os aumentos na quantidade de ferro absorvido pelas plantas de arroz. Isto provavelmente se deve ao fato de que esse elemento é absorvido em maiores proporções por fluxo de massa, utilizando a água como veículo de transporte até as raízes, MALAVOLTA (55). Observou-se que as raízes das plantas cultivadas em elevados teores de umidade (saturação contínua) apresentaram uma coloração castanho avermelhada. Essa coloração segundo SANCHEZ (76), OBERMUELLER & MIKKELSEN (64) indicam a precipitação de óxidos férricos nas superfícies das raízes. De acordo com RA-

MOS (72), essa deposição em certos tipos de solos saturados pode impedir a absorção de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

4.2.5. Manganês

Como pode ser observado no Quadro 7, a quantidade de manganês absorvida pela parte aérea da planta não diferiu significativamente com relação aos intervalos de irrigação, dentro dos níveis de 40 e 60%. Portanto, o manejo dos intervalos de irrigação nesses níveis não afetou a absorção de manganês pela planta, embora possa se observar que a tendência é decrescer a quantidade de manganês absorvida à medida em que se aumentam os intervalos de irrigação.

O desdobramento dos graus de liberdade de regressão para intervalos de irrigação, com relação à absorção de manganês, apresentou resposta linear negativa com coeficientes de correlação de $0,88^{**}$ para o nível de umidade de 40% e $0,97^{**}$ para o nível de umidade de 60%, Figura 9.

O manganês foi mais absorvido pela parte aérea das plantas quando se manteve o solo com uma umidade contínua de 80%. A partir daí houve um decréscimo com o aumento dos intervalos de irrigação. Porém, esse decréscimo não foi significativo nos intervalos quatro, seis e oito dias. No intervalo de dois dias, a absorção, apesar de não diferir significativamente da verificada em zero, apresentou também um decréscimo que não diferiu dos obtidos

nos demais intervalos.

Ao se estudar a correlação existente entre intervalos de irrigação no nível de 80% de umidade do solo com a absorção de manganês pelo arroz, foi constatado que a equação de regressão representativa foi a de 2º grau, Figura 9. A absorção do manganês decresceu em condições de solo mais seco com o aumento dos intervalos de irrigação, alcançando um valor mínimo (7,88 mg/vaso) no intervalo de seis dias e meio. A explicação para este valor mínimo de absorção nesse intervalo é arricada, pela ausência de literatura sobre o assunto.

No nível 100% de umidade do solo com zero de intervalo de irrigação, ou seja, solo saturado continuamente, foi verificado o menor valor de absorção de manganês (18,11 mg/vaso), só não diferindo significativamente do intervalo de oito dias. Esta redução na absorção do manganês é explicada da seguinte forma: o manganês em condições anaeróbicas de solo, como ocorreu no tratamento cO, aumenta, devido a redução dos compostos Mn^{4+} para Mn^{2+} solúvel, de acordo com (46, 50, 76). Entretanto, após a solubilização do manganês, ocorre também um aumento na redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} , aumentando a sua disponibilidade no solo e a sua absorção pelas plantas. Ocorre um mecanismo inverso nessas condições, pois verifica-se que, em condições de saturação contínua, a absorção do ferro incrementou, enquanto a de manganês foi inibida. Efeito semelhante de decréscimo na absorção de manganês por planta de arroz cultivadas em solo saturado foram verificados por ENYI (26). PANDE & MITTRA (65) relataram uma redução na absorção de manganês

pelo arroz, enquanto ocorria um aumento na absorção do ferro, em condições de solos inundados. OBERMUELLER & MIKKELSEN (64) encontraram valores de absorção de manganês cinco vezes mais altos em plantas não inundadas quando comparadas àquelas cultivadas sobre inundação constante. O autor sugere que isto se deva ao fato de que o arroz inundado, que usa principalmente o nitrogênio amoniacal, não mostra acúmulo de manganês no solo. MALAVOLTA (56) também relata que a presença de ferro e o uso de nitrogênio amoniacal, em lavouras irrigadas, retarda a absorção do manganês. Tanaka e Yoshida, citados por MALAVOLTA (56), explicam que a presença de sulfeto de hidrogênio (presente em solos saturados) nas proximidades do sistema radicular também interferem na absorção do manganês.

Nota-se que houve um aumento na quantidade de manganês absorvida no intervalo de dois dias, com um decréscimo nos intervalos de quatro e seis dias, no nível de 100% de umidade. Nesses intervalos, provavelmente, não houve os efeitos inibidores de absorção de manganês como se verifica na saturação contínua. A umidade do solo, provavelmente, foi ideal para promover o transporte desse íon até as raízes através da água, pois de acordo com MALAVOLTA (55), a absorção desse nutriente pelas plantas se dá quase que totalmente por fluxo de massa. A menor absorção foi verificada no intervalo de oito dias, possivelmente limitada pela menor umidade no solo devido às altas perdas por evaporação do solo e alta transpiração da planta, em razão das altas temperaturas da casa de vegetação.

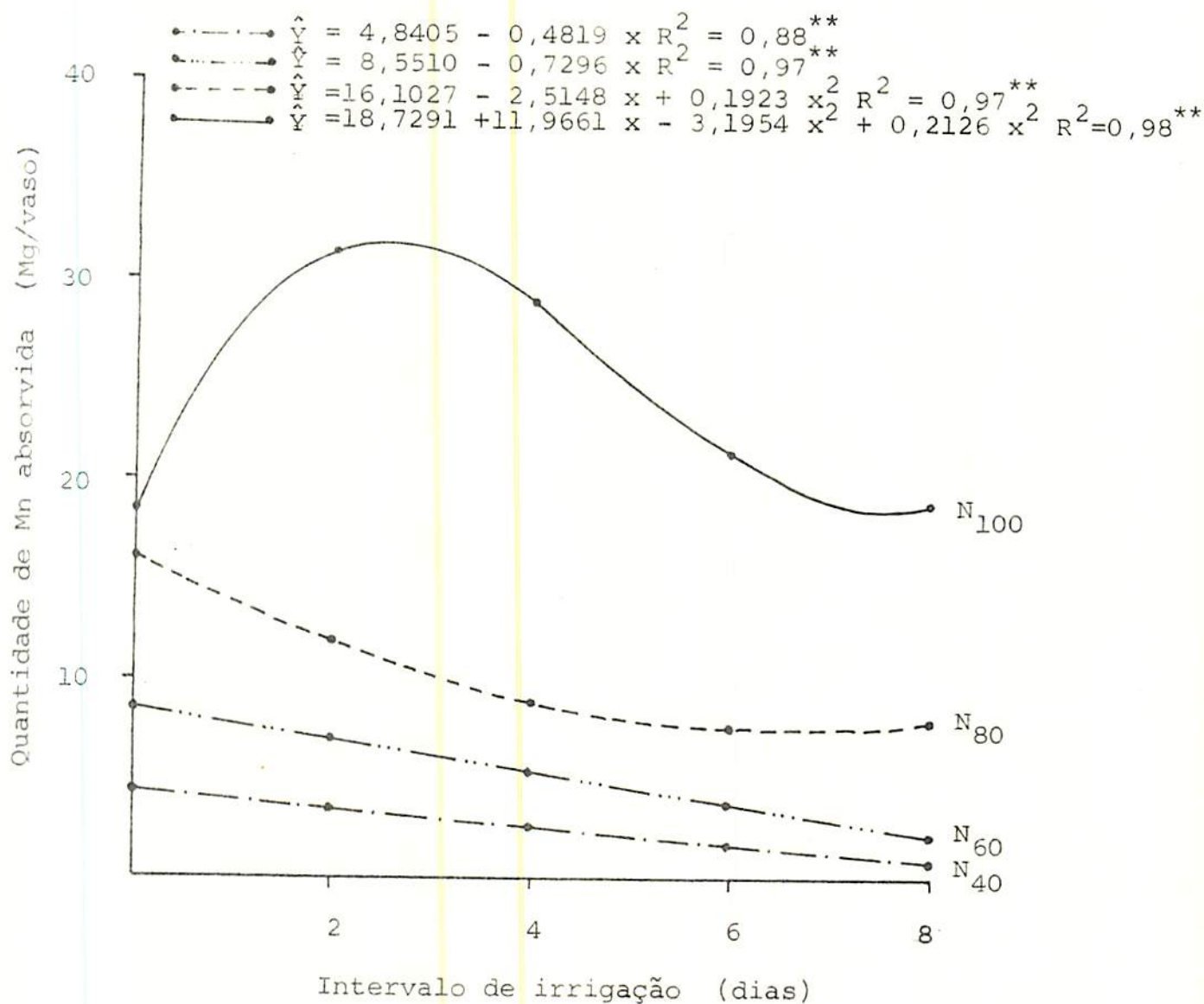


FIGURA 9. Equações de regressão para absorção de manganês pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", submetida a diferentes níveis de água no solo e intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Mediante utilização de análise de regressão polinomial sobre os dados referentes à absorção de manganês pela planta, nos diferentes intervalos de irrigação, dentro do nível de 100% de umidade, foi constatado ser a equação de regressão representativa a de 3º grau com um coeficiente de correlação de 0,98, altamente significativo, Figura 9.

4.2.6. Zinco

Não ocorreu interação significativa entre intervalos de irrigação e níveis de umidade no solo, com relação à quantidade de zinco absorvida pela parte aérea de plantas de arroz, Quadro 1 B. Isto indica que a absorção de zinco não foi influenciada pelas diferentes manejos da água no solo.

As médias mostradas no Quadro 8 indicam que a absorção do zinco foi máxima nos níveis de 80% e 100% de umidade do solo, de crescendo nos níveis de 60 e 40%, respectivamente. A umidade mais alta do solo favoreceu a absorção de zinco. Esses resultados concordam com os observados por SAHA, GHILDHYAL & GANGWAR (74), PATHAK, TIWARI & UPADHYAY (67). A absorção do zinco é quase exclusivamente pelo processo de difusão de acordo com MALAVOLTA (55). O maior desenvolvimento de raízes, verificado em condições de maior umidade, parece ter influído na quantidade de zinco absorvida, uma vez que maior volume de raízes implica em maior contato com o solo, facilitando a absorção do elemento por difusão. No entanto, condições de solo saturado (anaeróbico) podem diminuir a absorção do zinco pela planta, quando comparado a solos mais secos. Este

fato foi verificado por OBERMUELLER & MIKKELSEN (64) em arroz. Os autores atribuem a menor absorção de zinco em solos saturados às seguintes causas: aumento do pH do solo pode reduzir a disponibilidade do zinco pela precipitação do hidróxido de zinco. Isto ocorre frequentemente quando os solos elevam o pH acima de 5,5; níveis mais altos de P e Fe solúveis da inundação e concentrações mais altas dos íons carbonato e de bicarbonato na água podem inibir a absorção de zinco. No entanto os autores frisam que nem sempre as diferenças na absorção de zinco em condições anaeróbicas são significativas.

QUADRO 8. Médias da quantidade de Zn absorvida pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "TAC-25" sob quatro níveis de umidade no solo. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

40	Níveis de água (%)		
	60	80	100
----- mg/vaso -----			
0,29 C	0,47 B	0,68 A	0,74 A

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

Houve um decréscimo na quantidade de zinco absorvida, à medida que se aumentaram os intervalos entre irrigações, como pode ser observado no Quadro 9. Nada relacionado à influência de períodos de ausência de água sobre a absorção de zinco foi verificado na literatura. No entanto, como se verificou nesse experimento, a

deficiência hídrica diminuiu a absorção desse elemento. Porém, outros fatores podem ter contribuído para esse decréscimo, pois, como afirma (16, 55, 82), a água aumenta a disponibilidade e serve como meio de transporte aos nutrientes.

QUADRO 9. Médias da quantidade de zinco absorvida pela parte aérea do arroz, cv. "IAC-25" sob cinco intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

0	Intervalos de Irrigação (dias)			
	2	4	6	8
0,76 A	0,68 A	0,50 B	0,44 B	0,33 C

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O zinco é um elemento encontrado em baixas quantidades no solo, tanto em terras altas como em terras baixas, SANCHEZ (76). Porém, mesmo nos níveis mais baixos de umidade no solo não se verificou carência deste elemento na planta. Uma das possíveis causas para este fato é que a aplicação de sulfato de amônio pode ter reduzido o pH do solo para a faixa de 5,5, aumentando a disponibilidade e conseqüente absorção do elemento, pois segundo MALAVOLTA (55), aumento de uma unidade no pH provoca uma diminuição de 100 vezes na concentração de zinco na solução do solo.

Houve uma correlação linear decrescente, altamente significativa, $R^2 = 0,98^{**}$ entre intervalos de irrigação e quantidade de zinco absorvida pela parte aérea da planta, como se verifica na Figura 10.

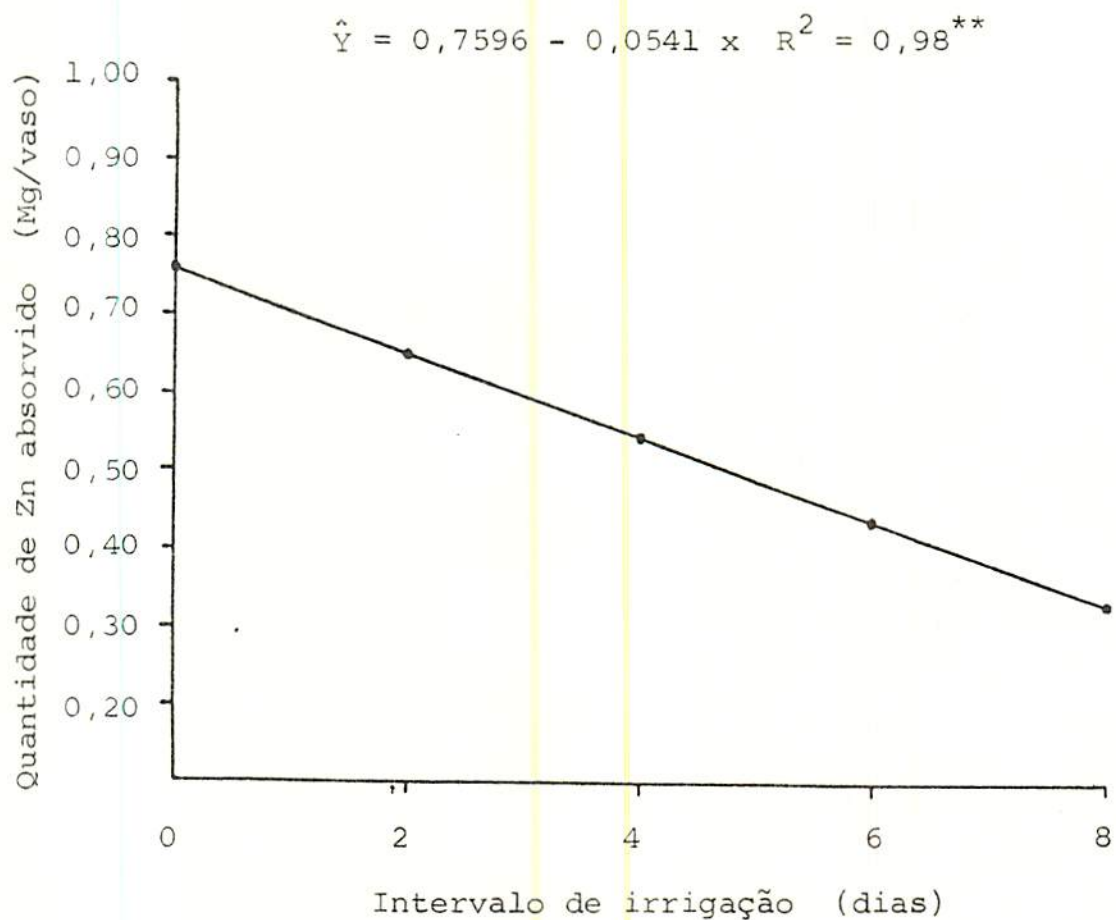


FIGURA 10. Equação de regressão para absorção de zinco pela parte aérea de plantas de arroz, cv. "IAC-25", em diferentes intervalos de irrigação. ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

5. CONCLUSÕES

Considerando as condições em que foi conduzido o experimento e com base nos resultados obtidos, pode-se tirar as conclusões apresentadas a seguir:

1. O aumento nos intervalos entre irrigações nos vários níveis de umidade no solo fez decrescer a produção de matéria seca da parte aérea, da raiz, altura de plantas e absorção de nitrogênio, potássio, ferro, manganês pelas plantas de arroz.

2. Em condições de solo saturado, a absorção de manganês foi inibida enquanto a do ferro aumentou.

3. Apesar de não ter havido interação significativa entre níveis de umidade e intervalos de irrigação para a absorção de fósforo e zinco, esses dois nutrientes foram absorvidos em maiores quantidades quando a umidade do solo foi mantida mais alta e utilizou-se menores intervalos entre irrigações.

4. A saturação do solo de dois em dois dias apresentou-se tão eficiente quanto a saturação do solo continuamente, em relação à altura de plantas.

5. Independentemente dos intervalos de irrigação, os níveis de mais alta umidade no solo aumentaram a absorção de todos os nutrientes analisados.

6. SUGESTÕES

Sugere-se repetir este trabalho, considerando-se as se guintes características:

1. Uso eficiente e econômico da água
2. Dados de produção de grãos
3. Análise econômica dos resultados.



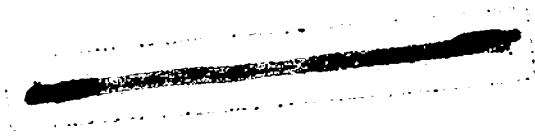
7. RESUMO

Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação e teve como objetivo estudar o efeito do manejo da água na produção de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, altura de planta e absorção de N, P, K, Fe, Mn e Zn pela cultura do arroz (Oryza sativa L. cv. IAC-25). As plantas foram cultivadas em vasos plásticos contendo 3 kg de solo do tipo aluvial de textura argilosa.

Os tratamentos consistiram na interação de quatro níveis de umidade no solo (40, 60, 80 e 100% do volume total de poros preenchidos com água, VTP) e cinco intervalos de irrigação (0 ou umidade contínua 2, 4, 6 e 8 dias), distribuídos em blocos casualizados em esquema fatorial com 4 repetições.

Foi observado que a produção de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e altura de plantas aumentaram com a redução dos intervalos entre irrigações e aumento dos níveis de umidade no solo.

A quantidade de N, K, Fe e Mn absorvida (exceção do tratamento saturado: CO para Mn) também aumentou com a redução dos



intervalos e aumento dos níveis de umidade no solo.

Não houve interação significativa entre intervalos e níveis de umidade em relação à absorção de P e Zn.

8. SUMMARY

This work was carried out in greenhouse and took aim to studying the effect of the manegement of water on the production of dry matter of the tops; dry matter of the roots, height of plants and uptake of N, P, K, Fe, Mn and Zn by rice crop (Oryza sativa L. cv. IAC-25). The plants were cultivated in plastic pots containing three kg of soil alluvial type, clay texture.

The treatments consisted of interaction of four levels of soil humidity (40, 60, 80 and 100% of the total volume of pores filled with water; VTP) and five irrigation intervals (0 or continued humidity) 2, 4, 6 and 8 days.

It was adopted the randomized block design in factorial scheme with four replicates.

The plants were cultivated in plastic pots containing three kg of soils alluvial type, clay texture.

It was observed that yield of dry matter of tops, dry matter of roots and height of plants increased with decreasing intervals among irrigations and increasing levels of soil humidity.

The amount of N, K, Fe and Mn absorbed (excepting the saturated treatment) also increased with decreasing intervals among irrigations and increasing levels of soil humidity.

There was no interaction between intervals and humidity levels regarding P and Zn uptake.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARENGA, A.A. Resposta morfo-fisiológica de arroz de sequeiro e de irrigação ao potássio. Lavras, ESAL, 1979. 43p. (Tese de Mestrado).
2. ALVAREZ, E.I. & DEDATTA, S.K. Automatic Fedd-back 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./Jun. 1977.
3. BAHIA, F.G.T.C. e BRAGA, J.M. Influência da adubação fosfatada e calagem sobre a absorção do zinco, em dois solos de Minas Gerais. Revista Ceres, Viçosa, 21(115):167-192, 1974.
4. _____, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras-MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 67p. (Tese de Mestrado).
5. BEGG, J.E. & TURNER, N.C. Crop Water deficits. Advances in Agronomy, New York, 28:161-217, 1976.

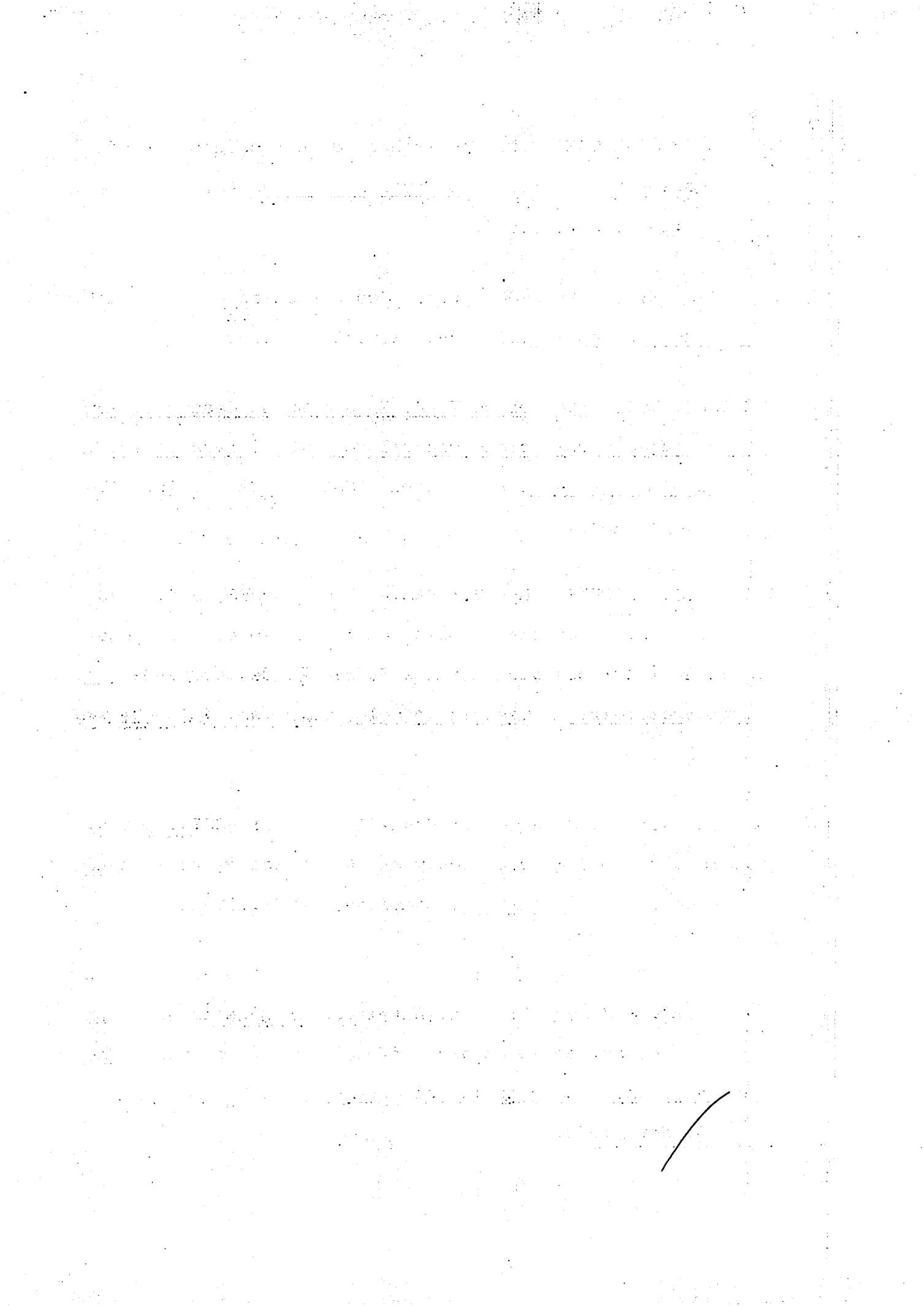
6. BENNET, O.L. & DOSS, B.D. Effect of soil moisture level on root distribution of coolseason forage species. Agronomy Journal, Madison, 52(8):204-7, Apr. 1960.
7. BIWAS, B.C. & MAHAPATRA, I. Uptake of plant nutrients by direct seeded rice (Pusa 2-21) under well-drained and waterlogged conditions. Indian Journal Agronomy, New Delhi, 25(3):471-8, Sept. 1980.
8. BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. 1 ed. Madison. Am. Soc. Agron., 1965. p.374-90.
9. _____. Particle density: In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. 1 ed. Madison, America Society Agronomy, 1965. p.371-3.
10. BORA, P.K. Influence of moisture regimes on phosphorus uptake in acid soils. International Rice Research Newsletter, Manila, 5(1):18, Feb. 1980.
11. BRANDÃO, S.S. Cultura do arroz. Viçosa, UFV. 1974. 194p.
12. BRUNINI, O.; GROHMANN, F.; SANTOS, J.M. dos. Balanço 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.

13. 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./Dic. 1965.
14. CHEANEY, R.L. O manejo d'água. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 26(274):36-48, jul./ago. 1973.
15. CHEEMA, S.S.; WALIA, A.S.; KUNDRA, H. Efficiency of water use and applied nitrogen in barley grown with stored soil moisture, supplemental irrigation and nitrogen application. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 52(6):378-83. Jun. 1982.
16. COGO, N.P. & GUERRA, M. Água no solo e rendimento das culturas em experimentos em casa de vegetação. I. Sorgo (Sorghum vulgare), em solos vertissolo, latossolo roxo distrófico e podzólico vermelho amarelo. Revista Brasileira de Ciência do solo, Campinas, 2(1):10-3, mai./ago. 1978.
17. _____ & SCOPEL, I. Água no solo e rendimento das culturas em casa de vegetação. II b. Milheto (Pennisetum americanum Schum) em solo laterítico bruno avermelhado distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 3(3):188-90, set./dez. 1979.

18. COGO, N.P. & SOUZA, L. da S. Água no solo e rendimento das culturas em experimento em casa de vegetação. II. Milheto (Pennisetum americanum), em solo laterítico bruno avermelhado distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(1):13-6, mai/ago. 1978.
19. COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 3ª aproximação, Belo Horizonte. APMIG, 1978. 80p.
20. COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL, Campinas. Características das cultivares de arroz recomendadas para o Estado de São Paulo. Brasília, 1969. r.p. (Folder).
21. DAKER, A. Irrigação e drenagem. In: A água na agricultura, 4. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1973. v.3, 453p.
22. DAS, D.K. & JAT, R.L. Influence of three soil water regimes on root porosity and growth of four rice varieties. Agronomy Journal, Madison, 69(2):197-200, Mar./Abr. 1977.
23. DOSS, B.D.; ASHILEY, D.A.; BENNET, O.L. Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. Agronomy Journal, Madison, 52(9):569-72, Sept. 1960.

24. DUARTE, E.F. & COSTA, F.A. Estudo das modalidades de irrigação por inundação contínua ou permanente e periódica ou intermitente com nove culturas de arroz (Oryza sativa) na baixada fluminense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica, Brasília, 6:253-64, jun. 1971.
25. _____; SOUZA BRITO, P.P.de; MENEGUELLI, C.A. Efeitos dos sistemas de irrigação por inundação contínua e sob a forma de umedecimento do solo até a saturação sobre culturas de arroz (Oryza sativa), na baixada fluminense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica, Brasília, 9 (9):107-11, set. 1974.
26. ENYI, B.A. 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(3):1-13, 1968.
27. EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 341p.
28. FAGERIA, K. Deficiência hídrica em arroz de sequeiro e resposta ao fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(3):259-65, jul. 1980.

29. FAGERIA, K. & WILCOX, G.E. Influência do nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 30(301):24-8, set. 1977.
30. FARHOOMAND, M.D. & PETERSON, L.A. Concentrations and content. Agronomy Journal, 60(6):708-9, Nov./Dic. 1968.
31. FORNASIERI, F.D. Efeitos do N, P, K, S e Zn no desenvolvimento, produção e composição mineral do arroz (Oryza sativa L.), cv. IAC-47 e IAC-435. Piracicaba, ESALQ, 1982. 157p. (Tese de Doutorado).
32. FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(1)5-8, jan/abr. 1980.
33. FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; AZZINI, L.E. SCHMIDT, N.C. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. Bragantia, Campinas, 36(7):109-115, mar. 1977.
34. GANGWAR, M.S. & MAN, J.S. Zinc nutrition of rice in relation to iron and manganese uptake different water regimes. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 42(18):1032-5, Nov. 1972.



35. GARGANTINI, H. & BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. Bragantia, Campinas, 24(38):515-28, set., 1965.
36. GOMIDE, R.L. Irrigação do arroz. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 5(55):51-60, jul. 1979.
37. 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 Agricultural Science, New Delhi, 42(9):866-8, Sept. 1972.
38. GRIST, D.H. Arroz. México, Continental, 1982. 716p.
39. 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.
40. HERNANDEZ, J.L. Influencia del agua en el arroz. Arroz, Lima, 3:33-6, 1969.
41. HOFFMAN, G. d.; RAWLINS, S.L.; GARBER, M.J. & CULLEN, E.M. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. Agronomy Journal, Madison,
42. HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 24:519-70, 1973.

43. HSIAO, T.C. & ACEVEDO, E. Plant response to water deficits , water deficits, water-use efficiency, and droght resistance. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 14(1/2):59-84, Nov. , 1974.
44. HUNTER, A.H. Laboratory analysis of vegetal tissues samples. Raleigh, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N.C.S.U., 1975. 5p. (Mimeografado).
45. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Enciclopedia dos Municípios Brasileiros; Minas Gerais. Rio de Janeiro, 1959. v.25, 475p.
46. KHAIRE, R.S. & SONAR, K.S. Influence of soil moisture regime on iron and manganese release in soil and on the growth of upland rice. International Rice Research Newsletter, Manila, 4(2):21, Apr. 1979.
47. KRAMER, P.J. Tension hídrica y crecimiento de las plantas. In: Relaciones hidricas de suelos y plantas una sintesis moderna. México, EDUTEX e Centro Regional de Ayuda Técnica. cap.10, 1974. p.393-443.
48. _____. Water stress and plant growth. Agronomy Journal , Madison, 55(1):31-5, Jan./Feb. 1963.

49. KRUPP, H.K.; ABILAY, W.P. & ALVAREZ, E.I. Some water stress effects on rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Rice breeding. Los Baños, 1972. p.663-75.
50. KUMAR, S., OMANWAR, P.K.; SACHAN, R.S. & SHARMA, R.B. Changes in some physicochemical properties and activities of iron and zinc on submergence of some rice soils. The Journal Indian Society Science, New Delhi, 29(2):204-7, Feb. 1981.
51. LAL, P. & SHARMA, K.C. Ustake of N, P and K in tubo varieties of dwarf wheat grown at different levels of soil moisture and nitrogen. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 44(8):499-503, Aug. 1974.
52. LENKA, D.; MISRA, B.; PATNAIK, M.R. Effect of the teme of flooding on the growth, yield and water requirement of rice. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 43(7):708-11, Jul. 1973.
53. LOPEZ, 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 deficit hídrico. Lavras, ESAL, 1983. 80p. (Tese de Mestrado).

54. MADRUGA, L.A.N. & RENA, A.B. Variações no teor de prolina livre em folhas destacadas de cinco cultivares de arroz (Oryza sativa L.) submetidas à desidratação. Revista Ceres, Viçosa, 24(133):217-24, jun. 1977.
55. MALAVOLTA, E. Economia de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
56. _____. Nutrição mineral e adubação de cereais diversos. In: _____. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. p.325-71.
57. _____ et alii. 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.
58. MANDAL, L.N. & KHAN, S.K. Influence of different moisture regimes on the transformation of applied phosphate in rice soils and its availability to rice plants. The Journal Indian Society Soil Science, New Delhi, 23(4):374-81, 1976.
59. MENGEL, D.B. & BARBER, S.A. Development and distribution of the corn root system under field conditions. Agronomy Journal, Madison, 66(3):341-44, May/Jun. 1974.

60. MENGEL, D.B. & WILSON, F.E. Water management and nitrogen fertilization of roton crop rice. Agronomy Journal, Madison, 73(6):1008:11, Nov./Dec. 1981.
61. MORAES, J.F.V. Efeitos da inundação do solo. II. Influência sobre a absorção de nutrientes e o crescimento do arroz (Oryza sativa L.). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica, Brasília, 8(7):103-8, jul. 1973.
62. _____ & FREIRE, C.J.E. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica, 9(9):35-43, set. 1974.
63. MORAIS, O.P. de; SOARES, P.C.; DEL GIUDICE, R.M. Espécies e cultivares de arroz. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 5(55):28-32, jul. 1979.
64. 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):627-3, Sept./Oct., 1974.
65. PANDE, H.K. & MITTRA, B.N. Response of lowland rice to varying levels of soil, water, and fertility management in different seasons. Agronomy Journal, Madison, 62(2):97-199, Mar./Apr. 1970.

66. PATEL, C.L.; GHILDYAL, B.P. & TOMAR, V.S. Lysimetry studies on the water use and growth of rice under different soil water regimes. The Indian Journal of Agricultural Science, New Dehli, 49(2):90-5, Feb. 1979.
67. PATHAK, A.N.; TIWARI, K.N. & UPADHYAY, R.L. Studies on Fe and Zn nutrition of rice in saline - alkali soil at different moisture regimes. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 45(8):335-9, Aug. 1975.
68. PATRICK JUNIOR, W.H. & FONTENOT, W.J. Growth and mineral composition of rice at various soil moisture tensions and oxygen levels. Agronomy Journal, Madison, 68:325-8, Mar./Apr. 1976.
69. _____ & MAHAPATRA, I.C. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. Advances in Agronomy, New York, 20:323-59, 1968.
70. PEDROSO, B.A. Arroz Irrigado: obtenção e manejo de culturas. Porto Alegre, SAGRA, 1982. 175p.
71. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 9.ed. Piracicaba, ESALQ, 1981. 430p.
72. RAMOS, M.G. Manual de produção do arroz irrigado. Florianópolis, EMPASC, 1981. 219p.

73. SACHET, Z.P. Consumo de água na lavoura de arroz relacionada com a altura da lâmina líquida. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 34(329):24-9. Jul./Ago. 1981.
74. SAHA, A.K.; GHILDHYAL, B.P. & GANGWAR, M.S. Effect of soil - water relations on the root porosity, transpiration and ion uptake in rice. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 43(5):472-7, May, 1973.
75. SAHRAWAT, K.L. Iron toxicity to rice in an acid sulfate soil as influenced by water regimes. Plant and soil, Hague, 51(1):143-4, 1979.
76. SANCHEZ, P.A. Soil management in rice cultivation systems. In: Properties and Management of soils in the Tropics. New York, 1976. p.413-70.
77. SANTOS, A.B. dos; FAGERIA, N.K. & CARVALHO, J.R. de. Efeitos de duas diferentes tecnologias no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz de sequeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(7):104-50, Jul. 1982.
78. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

79. SEN, P.K. & DAS GUPTA, D.K. Studies in water relations of rice. III. Effect of varying water regimes and levels of nitrogen on the growth and yield on rice. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 39(10):1000-9, Jul/Dec. 1979.
80. SHIGA, H. Mineral microbiol transformation un epland rice soil. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major research in upland rice. Los Baños, Philippines. p.217 - 237.
81. SHINDE, J.E. & SRIVASTAVA, V.K. Effect of varying water-management practices on the growth, yield and nitrogen uptake by high yielding rice varieties. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 42(1):57-62, Jan. 1972.
82. SILVA, M.V. Arroz. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian , 1969. 447p.
83. SIMS, J.L. & PLACE, G.A. Growth and nutrient uptake of rice at different growth stages and nitrogen levels. Agronomy Journal, Madison, 60(6):692-6, Nov./Dec. 1968.
84. SINGH, A.; BAJWA, M.S. & SINGH, N.T. Efficiency of moisture and nutrient use by wheat under different moisture regimes and fertilizer schedules. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 43(2):733-7, Feb. 1973.

85. SINGH, S. & RAM, P. Changes in solubility of phosphorus and its availability to rice plant in the waterlogged soils. The Journal Indian Society Soil Science, New Delhi, 25(2): 129-33, Feb. 1977.
86. _____, M. & SINGH, S.P. Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. Soil Science, Baltimore, 129(5):282-9, May, 1980.
87. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão Permanente de Métodos de Trabalho de Campo. Manual de método de trabalho de campo, 2ª aproximação. Rio de Janeiro, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1967. 33p.
88. STEEL, R.G. & TORRIE, J.H. Principles and procedure of statistics, New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
89. STONE, L.F. Produtividade e utilização do nitrogênio pelo arroz (Oryza sativa L.): Efeitos de deficiência hídrica, cultivares e vermiculita. Piracicaba, ESALQ, 1983. 200p. (Tese de Doutorado).
90. _____; OLIVEIRA, A.B. de; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 14(3): 295-301, jul. 1979.

91. STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da; OLIVEIRA, A.B. de e AQUINO, L.H. de. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção do arroz irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 14(2):1059, abr. 1979.
92. SUBRAMANIAN, S. & RAJAGOPALAN, K. Effect of water management and nitrogen levels on nutrient uptake in rice. Indian Journal Agronomy, New Dehli, 25(1):77-82, Mar. 1980.
93. TIWARI, K.N.; PATHAK, A.N. & UPADHYAY, R.L. Studies on Fe and Zn nutrition of rice at varying moisture regimes in a black clay soil of Uttar Pradesh. The Journal Indian Society Soil Science, New Delhi, 24(3):303-7, 1976.
94. TSUTSUL, H. Manejo da água para produção de arroz. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 25(269):36-41, set./out. 1972.
95. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).
96. VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling 1 ed. Madison, American Society Agronomy, 1965. p.299-314.

APÉNDICE

QUADRO 1 A. Resumo das análises de variância (quadrados médios) da matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e altura de plantas, da cultivar de arroz "IAC-25" ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Matéria seca parte aérea	Matéria seca da raiz	Altura de planta
A	3	804,74 ^{**}	141,54 ^{**}	3937,31 ^{**}
B	4	486,75 ^{**}	66,55 ^{**}	2769,74 ^{**}
A x B	12	13,48 ^{**}	3,52 ^{**}	155,67 ^{**}
Blocos	3	1,43	0,29	3,29
C.V. (%)		10,51	12,92	6,50

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de "F".

QUADRO 1 B. Resumo da análise de variância (quadrados médios) das quantidades de N, P, K, Fe, Mn e Zn absorvidas pela parte aérea da cultivar de arroz "IAC-25". ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios					
		N	P	K	Fe	Mn	Zn
A	3	138384,30 ^{**}	156,85 ^{**}	41027,13 ^{**}	7,14 ^{**}	1740,76 ^{**}	0,8479 ^{**}
B	4	38827,24 ^{**}	78,93 ^{**}	5367,94 ^{**}	3,62 ^{**}	105,05 ^{**}	0,4795 [*]
A x B	12	5855,20 ^{**}	2,73	1385,34 ^{**}	1,10 ^{**}	48,89 ^{**}	0,0084
Blocos	3	812,53	0,27	94,12	0,06	5,97	0,0046
Erro	57	723,59	1,45	130,42	0,04	7,94	0,0060
C.V. (%)		10,01	14,05	7,17	14,68	26,13	14,27

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "F"

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F"

QUADRO 2 A. Desdobramento das interações de primeira ordem obtidas nas análises de variância de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, altura de plantas, da cultivar de arroz "IAC-25". ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Matéria seca parte aérea	Matéria seca da raiz	Altura da planta
Interação : 40	4	44,07**	12,68**	130,02**
Interação : 60	4	158,48**	24,93**	782,54**
Interação : 80	4	195,67**	31,43**	941,63**
Interação : 100	4	128,98**	8,09**	1382,56**
Erro	57	1,98	0,62	6,39
C.V. (%)		10,51	12,92	6,50

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste "F".

QUADRO 2 B. Desdobramento das interações de primeira ordem obtidas nas análises de variância das quantidades de N, P, K, Fe, Mn e Zn absorvidas pela parte aérea da cultivar de arroz "IAC-25". ESAL, Lavras-MG. 1982/83.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		N	K	Fe	Mn
Interação : 40	4	31894,98 ^{**}	7693,56 ^{**}	0,52 ^{**}	10,51
Interação : 60	4	16397,56 ^{**}	1073,29 ^{**}	0,34 ^{**}	21,91
Interação : 80	4	2423,25	724,25 ^{**}	0,26 ^{**}	47,85 ^{**}
Interação : 100	4	5677,06 ^{**}	32,87	5,81 ^{**}	171,43 ^{**}
Erro	57	723,59	130,42	0,04	7,93
C.V. (%)		10,01	7,17	14,68	26,13

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste "F".