

COMPORTAMENTO DA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES PROFUNDIDADES DO LENÇOL FREÁTICO EM VÁRZEA¹

EUGÊNIO FERREIRA COELHO², PAULO MAGELA PEREIRA³, TARCISO JOSÉ CAIXETA⁴
MARIA CELUTA MACHADO VIANA⁵ e ALINE DE HOLANDA NUNES MAIA⁶

RESUMO - O objetivo deste estudo foi o de estabelecer, para solos argilosos de várzea, um adequado manejo do lençol freático sob condições de subirrigação, visando maior produtividade de espigas comerciais de milho verde (*Zea mays* L.). Instalou-se, em área de várzeas, um sistema de drenagem-subirrigação composto de cinco faixas de solo correspondendo, respectivamente, a cinco profundidades estáticas do lençol freático: 0,35 m; 0,50 m; 0,65 m; 0,80 m e 0,95 m. Sobre um mesmo nível freático instalaram-se dez parcelas experimentais contendo a cultivar AG 162, e em outras dez, a cultivar BR 106. Mediram-se, periodicamente, umidade e espaço aéreo, altura e área foliar da planta. Na fase de milho verde foram determinados o peso de espigas comerciais e de espigas-refugo. A maior produtividade estimada das cultivares AG 162 e BR 106 ocorreu para o lençol freático mantido a 0,53 m e 0,60 m de profundidade, respectivamente, durante todo o ciclo da cultura.

Termos para indexação: drenagem, subirrigação, *Zea Mays*.

RESPONSE OF CORN TO DEPTH OF WATER TABLE IN LOWLAND SOIL

ABSTRACT - The objective of this study was to obtain a suitable water table management strategy for corn (*Zea Mays* L.) subirrigation in lowland clayey soils. A drainage-subirrigation system was installed with five water table depths: 0,35 m; 0,50 m, 0,65 m; 0,80 m and 0,95 m. Two corn cultivars were grown each one distributed in ten plots for each water table depth. Soil water content, air space measurements, plant height and leaf area data were obtained periodically. After harvesting, the weight of commercial and non-commercial corncobs were measured. The best estimated yields for AG 162 and BR 106 cultivars occurred for 0,53 m and 0,60 m water table depths.

Index terms: drainage, subirrigation, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui 30 milhões de hectares de várzeas irrigáveis, dos quais, até o final de 1987, apenas 2,62% haviam sido incorporadas ao processo produtivo. Deste total em produção no País, 60,3% são sistematizadas (PROVÁR-

ZEAS 19..), com infra-estrutura hidráulica, sendo que, para melhor aproveitamento de seu potencial, essas terras poderiam ser utilizadas através da irrigação durante todo o ano, produzindo todas as culturas viáveis sob o aspecto técnico e econômico.

Dentre as possíveis técnicas de irrigação empregadas nessas áreas, a irrigação pelo manejo do lençol freático ou subirrigação pode constituir importante alternativa, uma vez que é de custo relativamente baixo, exige pouca mão-de-obra (Bernardo 1982) e se adapta à maioria das culturas recomendadas para as várzeas. O uso deste método, entretanto, requer o reconhecimento da profundidade do lençol freático, que, sob o aspecto técnico, proporciona melhores condições de umidade e arejamento à região do solo onde se desenvolve o sistema radicular

¹ Aceito para publicação em 20 de novembro de 1991.

² Eng.-Agríc., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Agricultura Irrigada (CNPAL), Caixa Postal 341, CEP 64200 Parnaíba, PI.

³ Eng.-Agríc., M.Sc., EPAMIG/FELP, Caixa Postal 47, CEP 36700, Leopoldina, MG.

⁴ Eng.-Agr., M.Sc., EPAMIG/CRZM, Caixa Postal 216, CEP 36570 Viçosa, MG.

⁵ Eng.-Agr., M.Sc., EPAMIG/CRCO, Caixa Postal 245, CEP 36700 Sete Lagoas, MG.

⁶ Eng.-Agr., EMBRAPA/CNPAL.

das plantas. Esta profundidade depende de fatores relativos ao solo e à cultura.

O milho apresenta-se como uma das diversas culturas cultivadas em várzeas, para a qual pesquisas têm sido desenvolvidas na obtenção de cultivares de melhores produtividades e adaptação nesses solos. A irrigação é um dos principais fatores necessários ao seu desenvolvimento normal.

Roe, citado por Lal & Taylor (1969), verificando a influência da profundidade do lençol freático nos rendimentos do milho, obteve melhores resultados nas situações onde, durante todo o ciclo da cultura, o lençol se manteve a 0,90 m de profundidade.

Goins et al. (1986), estudando a influência de cinco profundidades do lençol freático no rendimento do milho doce, observaram aumento da produtividade com a profundidade do lençol em solos bem drenados e de condutividade hidráulica saturada moderadamente lenta. Esta tendência, entretanto, não ocorreu no solo de condutividade hidráulica saturada lenta.

Chaudhary et al. (1975) obtiveram melhores rendimentos da cultura do milho, durante um ano de baixos índices pluviométricos, para uma situação onde o lençol freático se manteve entre 0,60 m e 0,90 m de profundidade. No caso de precipitações acentuadas, os melhores rendimentos ocorreram nas parcelas com o lençol a 1,20 m de profundidade.

Williamson & Kriz, citados por Cruciani (1980), apresentaram as profundidades do lençol freático de 0,90 m; 0,30 m e 0,75 m como adequadas à produção do milho sob regime de subirrigação em solos franco-argilo-siltosos, areia franca, e franco-arenoso, respectivamente.

König (1983), usando um perfil de solo com condutividade hidráulica saturada média de 0,025 m/dia (muito lenta) e porosidade drenável média do perfil de 11,32%, obteve rendimento de grãos de milho que não diferiu significativamente, no caso de parcelas com lençol freático a 0,66 m e 0,99 m de profundidade.

Poucos trabalhos têm sido desenvolvidos de forma a determinar os manejos adequados do lençol freático para as diversas culturas extensi-

vas, hortaliças, frutíferas e pastagens, sob diferentes situações de solos de várzeas.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar a profundidade estática do lençol freático mais adequada ao desenvolvimento e produção de duas cultivares de milho, sob regime de subirrigação em solo argiloso de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG -, localizada no município de Leopoldina, MG. A região apresenta clima AW-Megatérmico, pela classificação de Köppen, com temperatura média anual de 21,1°C e umidade relativa do ar de 79%. A precipitação anual é de 1.400 mm, concentrada no período de outubro a março.

Numa área sistematizada, de solo gley pouco húmico, procedeu-se, inicialmente, à abertura de onze drenos paralelos, com espaços, entre si, de 5 m, com 1,20 m de profundidade e 40 m de comprimento. Transversalmente a esses drenos, instalaram-se paredes impermeáveis de até 1,30 m de profundidade (Fig. 1), descritas por König (1983). Na interseção da parede impermeável e o dreno, uma comporta serviu como elemento de controle do nível de água, cujo abastecimento foi feito por tubos de PVC de 0,10 m de diâmetro, a partir de um canal (Fig. 1). Desta forma, obtiveram-se cinco faixas de 8 m x 50 m contendo 20 parcelas adjacentes onde, em todas as parcelas de cada faixa, esperou-se obter a mesma profundidade do lençol freático em relação à superfície do solo, previamente nivelada. As profundidades do lençol freático

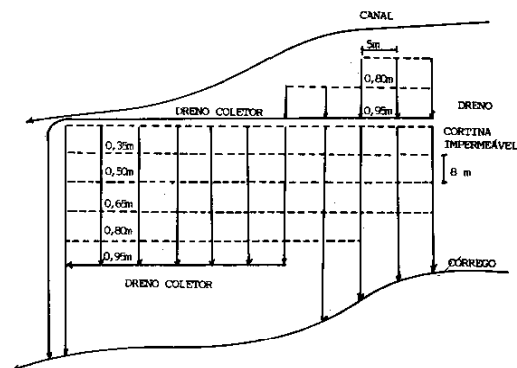


FIG. 1. Croqui da área experimental.

co esperadas nestas faixas foram: 0,35 m; 0,50 m; 0,65 m; 0,80 m e 0,95 m.

Após montado o sistema de subirrigação/drenagem e niveladas as faixas de solo, sob mesma profundidade do lençol freático, coletaram-se amostras para análise química (Tabela 1), física e físico-hídrica (Tabela 2), no perfil de 0 a 0,80 m de profundidade.

A condutividade hidráulica saturada, de classificação moderadamente lenta (Klute 1965), foi determinada pelo método do furo de trado (Kirkham 1946); a densidade global do solo, pelo método do anel volumétrico (Blake 1965), e a densidade de partículas, pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA 1979).

Foram empregadas as cultivares de milho AG 162 (híbrido duplo do ciclo médio) e BR 106 (variedades de ciclo semiprecoce). A semeadura se deu em 27 e 28.05.1986, sendo o espaçamento de 0,80 m entre fileiras, com quatro plantas por metro (50.000 plantas/ha). Cada faixa de solo sob mesma profundidade do lençol freático foi dividida em 20 parcelas experimentais de 2,5 m x 8,0 m, sendo dez parcelas para cada cultivar.

Decorridos 119 dias do plantio, ocasião em que as espigas atingiram o ponto de consumo como milho verde, procedeu-se à colheita avaliando-se o peso de espigas comerciais e peso de espigas-refugo. Foram consideradas espigas comerciais as descascadas com peso acima de 100 g.

Os dados de produção e profundidade do lençol freático foram relacionados por meio de diferentes modelos de regressão, de modo a obter-se uma curva ou equação de melhor ajuste deles.

O controle da profundidade do lençol freático foi feito pelas leituras, a cada intervalo de dois dias, tomadas em poços de observação, construídos conforme Pizarro (1978), sendo um em cada parcela, e atuando-se nas comportas de controle do nível da água ao longo dos drenos. Valores de umidade do solo foram registrados às profundidades de 0,15 m; 0,35 m e 0,55 m, a intervalos de três dias, em seis parcelas sob

mesmas condições de subirrigação. A partir dos valores de umidade, segundo procedimento de Forsythe (1975), determinaram-se os valores de espaço aéreo nos perfis pertencentes às faixas de solo sob diferentes profundidades do lençol freático. Foram feitas, também, a intervalos de 14 dias, as determinações de altura de plantas e área foliar, usando-se um integrador eletrônico, a partir de três plantas colhidas por parcela experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento do sistema solo-água

Durante o desenvolvimento da cultura, as maiores variações do lençol freático, para um determinado nível proposto, ocorreram na fase inicial do ciclo da cultura (28 dias a partir da semeadura), em consequência dos ajustes nas posições de controle do nível de água nos drenos. Após esse período, apesar das precipitações ocasionais, as variações na profundidade do lençol freático, dentro de cada nível de subirrigação proposto, foram irrelevantes (Fig. 2).

A Tabela 3 apresenta os valores da profundidade média do lençol freático associados às médias do teor de água do solo e espaço aéreo obtidos durante o ciclo da cultura no perfil de 0 a 0,60 m. Nota-se que as faixas de solo com lençol freático às profundidades 0,50 m e 0,65 m apresentaram valores de umidade mais próximos ao teor de água equivalente à tensão 30 KPa entre 0 e 0,60 m no perfil. Na faixa com o lençol freático a 0,35 m de profundidade, os valores de umidade não foram coerentes com os esperados, observando-se o mesmo para os valores de espaço aéreo na faixa com o lençol freático a 0,50 m. Onde se propôs manter o lençol freático

TABELA 1. Características químicas do solo da área experimental.

Profundidade (m)	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	Zn	Fe	Cu	Mn
		----- meq/100 cm ³ -----			----- ppm -----					
0 - 0,20	4,8	0,70	0,70	0,38	49	6	4,6	6,43	80,0	94,0
0,20 - 0,45	4,8	0,52	0,66	0,22	23	5	4,2	460,35	57,0	94,0
0,45 - 0,70	4,8	0,42	0,72	0,19	16	6	0,8	544,50	46,0	112,8

TABELA 2. Características físico-hídricas do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classif. Textural	Porosidade		Densidade global do solo	Densidade de partículas	Umidade à tensão		Disponibilidade de água	Condutividade hidráulica saturada	
						Micro	Macro			30 Kpa	1500 Kpa			
0 - 0,20	12	10	27	51	argila	52,92	4,06	56,97	1,02	2,51	47,32	38,32	8,77	0,45
0,20 - 0,40	8	6	27	58	argila	58,16	4,10	62,26	0,97	2,57	60,27	49,52	10,75	0,45
0,40 - 0,60	8	6	27	58	argila	57,22	3,98	61,20	0,97	2,50	59,57	49,57	10,00	0,42
0,60 - 0,80	6	7	34	62	argila	54,02	3,23	57,25	1,09	2,56	51,20	40,75	10,45	0,03

a 0,80 m e 0,95 m, o teor médio de água na camada 0 a 0,60 m apresentou valores inferiores à umidade correspondente à tensão de 30 KPa. Observou-se um decréscimo na umidade à medida em que se aproximava da superfície do solo nestas duas faixas, sendo os valores próximos ao teor de umidade equivalentes à tensão 30 KPa entre 0,40 m e 0,60 m, decrescendo a 50% da água disponível (Tabela 2), de 0,20 m a 0,40 m. Na faixa de solo com lençol freático a 0,95 m, a umidade média mostrou tendência para valores correspondentes à tensão 1.500 KPa entre 0 e 0,20 m. Nesta profundidade, na faixa de solo com o lençol freático a 0,80 m, a umidade média não atingiu valores limitantes.

Componentes de produção

A curva de resposta da cultivar AG 162 (Fig. 3) demonstra que o aumento da profundidade do lençol freático até 0,53 m permitiu incremento de produtividade de espigas comerciais, e que, a partir dessa profundidade, houve redução na produtividade numa intensidade crescente, principalmente acima de 0,65 m. Para a cultivar BR 106, os incrementos de produtividade de espigas comerciais ocorreram com o aumento de profundidade do lençol freático até 0,60 m, acima da qual houve um decréscimo mais acentuado que o ocorrido para a cultivar AG 162.

Durante o período vegetativo, o desenvolvimento das cultivares de milho nas faixas de solo, com lençol freático a 0,35 m e 0,50 m, foi superior ao apresentado nas outras faixas, sendo que, para o caso do lençol freático a 0,35 m, a partir do início do período da floração, ocorreu um decréscimo no desenvolvimento da cultura (Fig. 4, 5, 6 e 7). Na fase vegetativa, dada a pequena profundidade do lençol freático (0,35 m), as condições de umidade favoreceram este acentuado desenvolvimento até um ponto, a partir do qual, as raízes, em decorrência das condições deficientes de aeração abaixo da profundidade de 0,40 m (umidade média próxima à saturação durante todo o ciclo das cultivares), sofreram acentuada restrição ao desenvolvimento. Foi feita durante a colheita, uma observação das

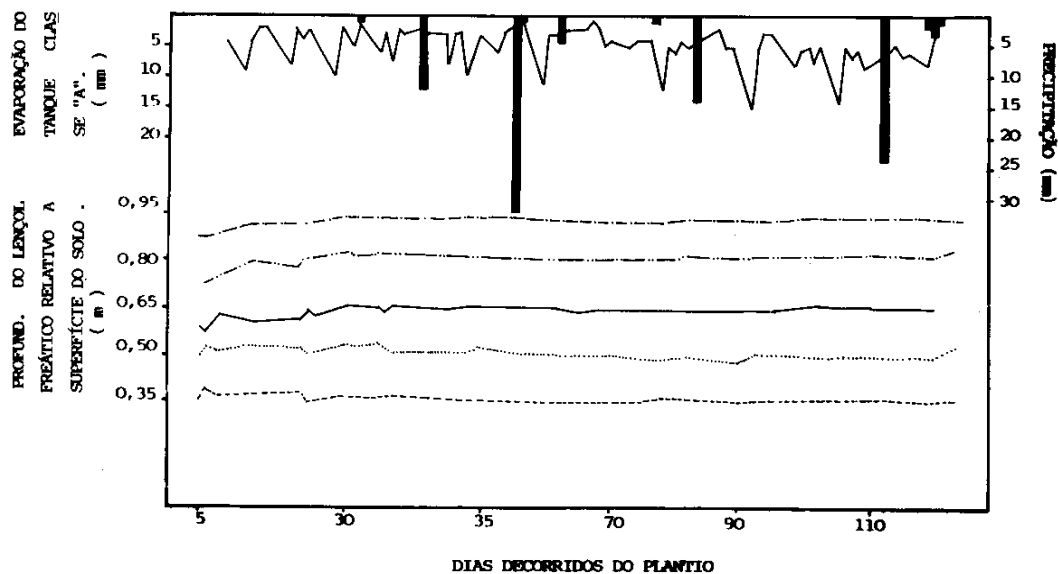


FIG. 2. Comportamento do lençol freático, nos cinco níveis propostos, em relação ao tempo decorrido do plantio.

TABELA 3. Valores médios da profundidade observada do lençol freático (L.F.), do teor de água do solo e do espaço aéreo. As médias referem-se a dados coletados durante o ciclo da cultura do milho.

Profundidade esperada do L.F. (m)	Profundidade média do L.F. observada (m)	Desvio padrão (m)	Coefficiente de variação (%)	Profundidade do perfil do solo (m)	Teor médio de água no solo (% vol.)	Espaço aéreo médio (% vol.)
0,35	0,36	0,09	2,6	0 - 0,20	48,60	5,62
				0,20 - 0,40	53,15	8,83
				0,40 - 0,60	58,52	2,60
0,50	0,51	0,02	3,9	0 - 0,20	49,98	4,13
				0,20 - 0,40	57,67	4,45
				0,40 - 0,60	59,87	1,00
0,65	0,64	0,02	3,5	0 - 0,20	44,21	10,36
				0,20 - 0,40	51,88	10,07
				0,40 - 0,60	57,25	3,83
0,80	0,81	0,03	3,2	0 - 0,20	40,79	14,80
				0,20 - 0,40	51,32	10,61
				0,40 - 0,60	50,59	4,65
0,95	0,93	0,02	2,1	0 - 0,20	40,34	14,55
				0,20 - 0,40	47,68	14,14
				0,40 - 0,60	51,08	9,82

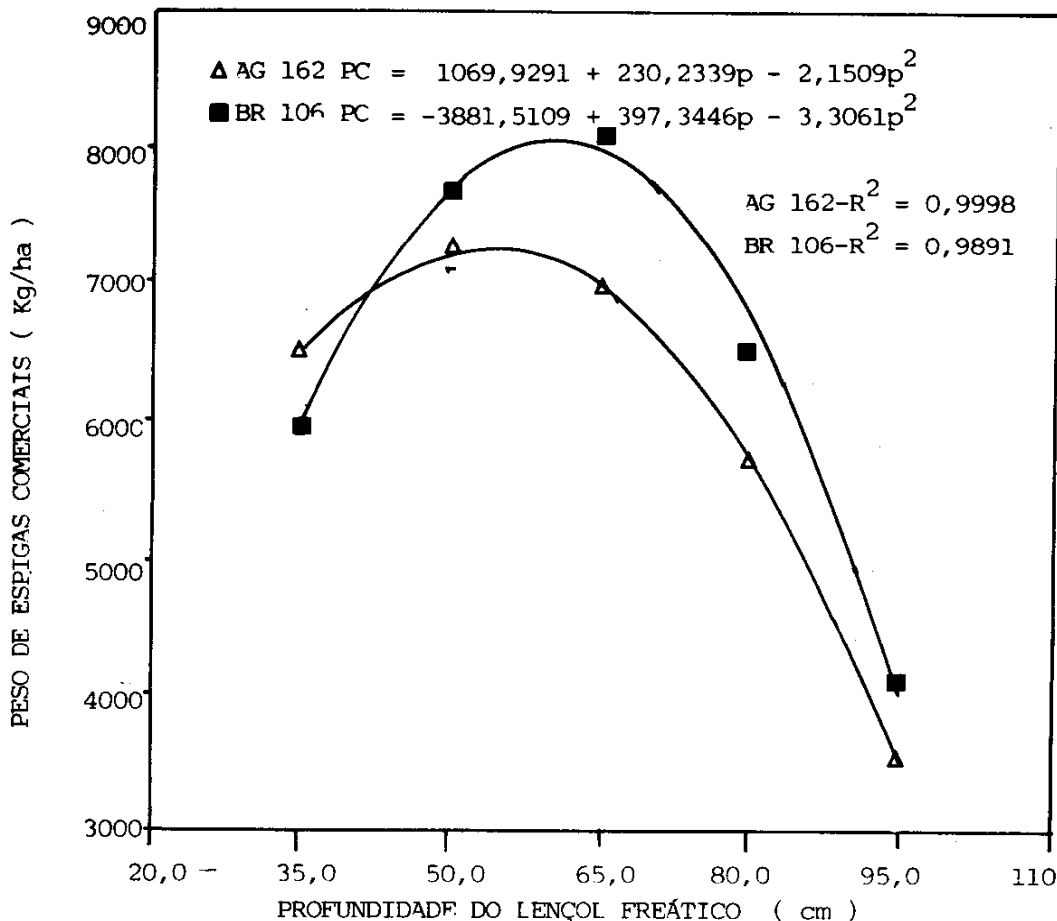


FIG. 3. Peso de espigas comerciais, por hectare (PC) para as diferentes profundidades do lençol freático (P) cultivares AG 162 e BR 106.

raízes de uma planta nesta faixa de solo, sendo que a maior concentração de raízes seminais esteve entre 0 e 0,26 m de profundidade, confirmando a restrição ao seu crescimento, por causa do lençol freático. No período reprodutivo da cultura, em consequência da deficiente condição de aeração, possivelmente ocorreu menor fecundação dos óvulos, conforme Joshi & Dastane, citados por König (1983), o que refletiu diretamente num maior peso de espigas-refugo (Fig. 8), em relação às faixas de solo com lençol freático a 0,50 m e 0,65 m.

Os valores médios de umidade e espaço aé-

reo registrados nas faixas de solo com o lençol freático a 0,50 m e a 0,65 m de profundidade não foram coerentes com os dados de produção e com os parâmetros de desenvolvimento da cultura. Entretanto, observando o desenvolvimento das cultivares pela área foliar e altura de plantas (Fig. 4, 5, 6 e 7), juntamente com o peso de espigas comerciais (Fig. 3), nota-se terem sido estas faixas de solo as que melhores condições de arejamento e umidade proporcionaram às raízes das plantas.

Na faixa do solo com o lençol freático a 0,80 m de profundidade, os rendimentos da cul-

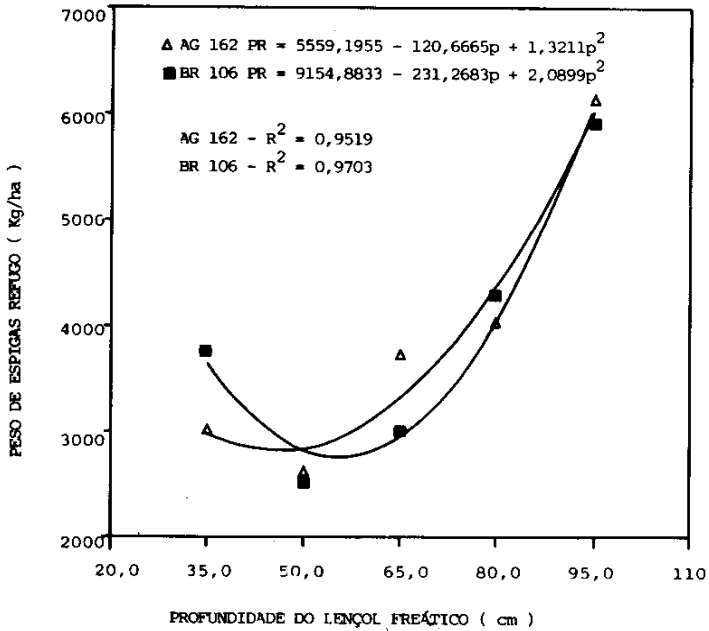


FIG. 4. Relação entre a área foliar da planta e o tempo decorrido do plantio - cultivar AG 162.

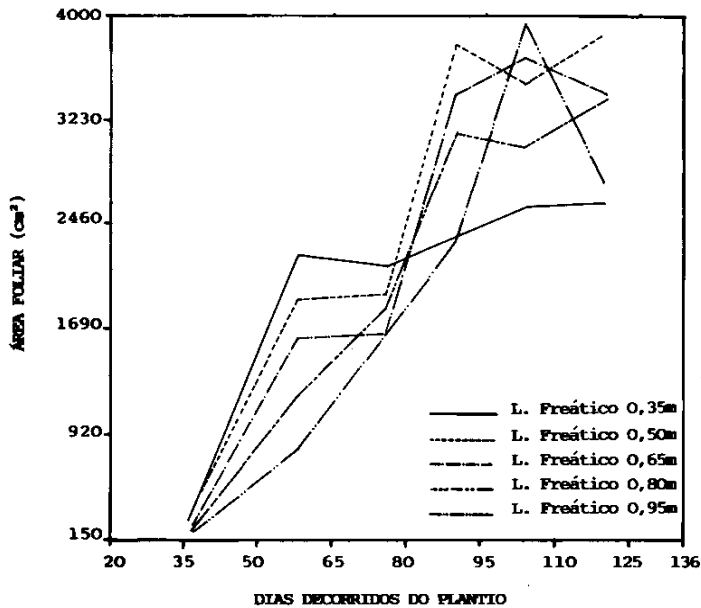


FIG. 5. Relação entre a área foliar da planta e o tempo decorrido do plantio - cultivar BR 106.

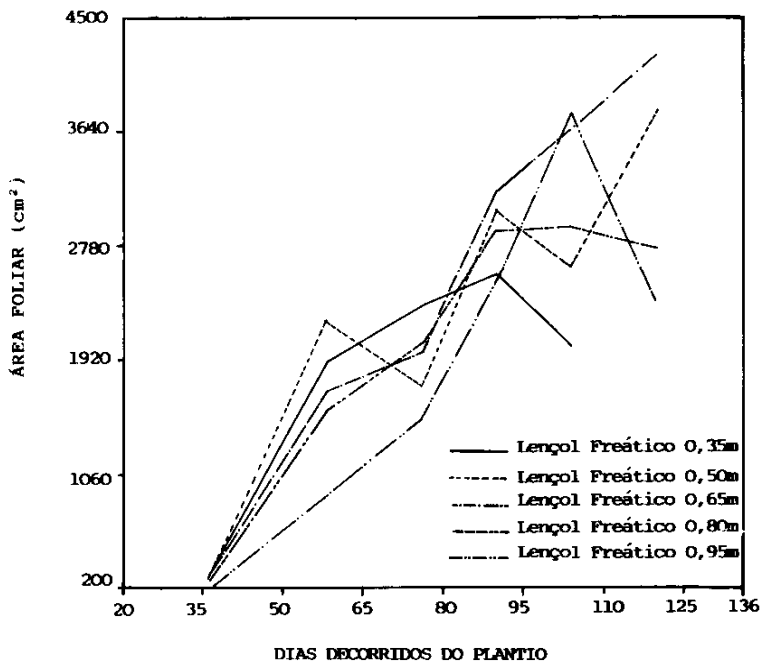


FIG. 6. Relação entre a altura da planta e o tempo decorrido do plantio - cultivar AG 162.

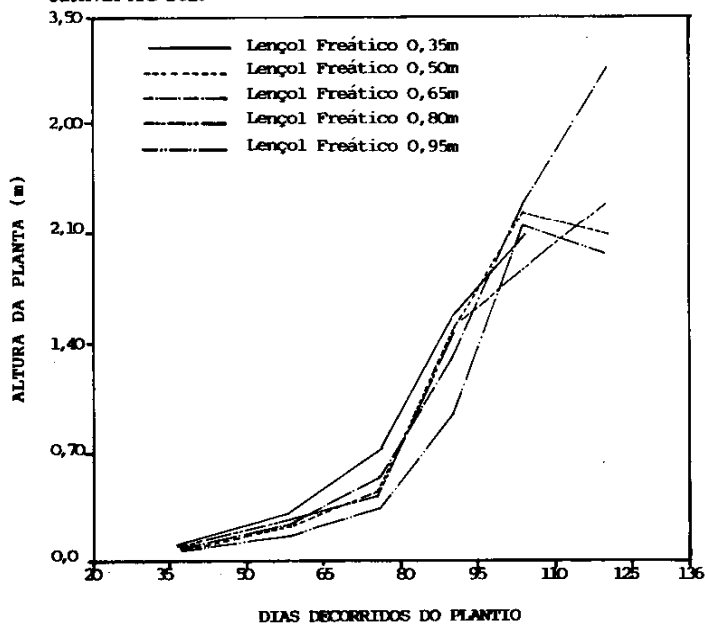


FIG. 7. Relação entre a altura da planta e o tempo decorrido do plantio - cultivar BR 106.

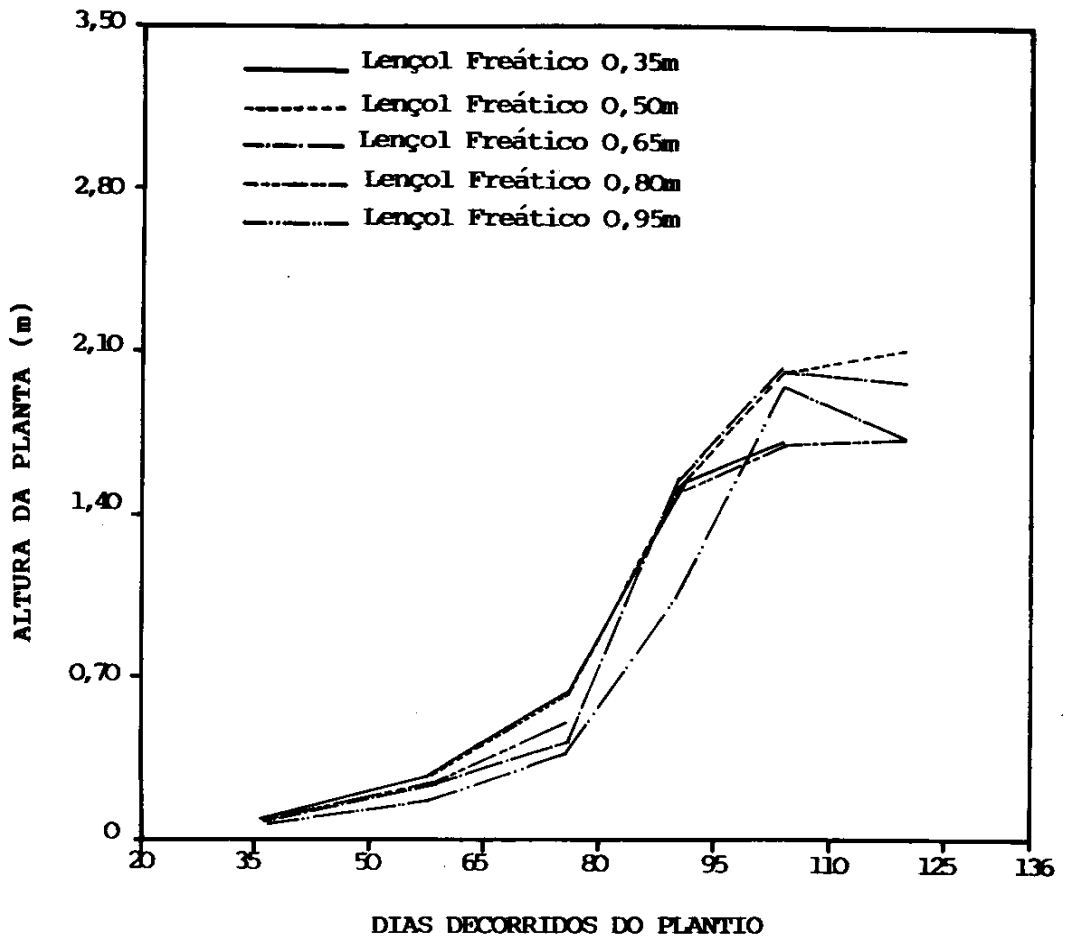


FIG. 8. Peso de espigas por hectare (PR) para as diferentes profundidades do lençol freático (P).

tivar AG 162 foram inferiores aos obtidos na faixa de solo com lençol freático a 0,35 m, enquanto a cultivar BR 106 apresentou, consideradas as duas profundidades do lençol freático, maior produtividade para as parcelas com o lençol a 0,80 m. Nas parcelas com o lençol freático a 0,95 m, os rendimentos para ambas as cultivares foram os mais baixos em relação aos obtidos nas outras profundidades (Fig. 8).

Os valores médios de umidade no perfil de 0 - 0,60 m, com o lençol freático à profundidade de 0,80 m e 0,95 m, não foram favoráveis ao desenvolvimento e produção da cultura do milho.

Marinato (1980), em solos de textura média, obteve as melhores produtividades de milho em grãos em situações onde o teor de umidade não ultrapassou a 60% da água disponível; Doo-rembos & Pruitt (1977) estabeleceram 50% de água disponível (evapotranspiração da cultura entre 5,0 e 6,0 mm/dia) como limite da umidade do solo para irrigações. Observou-se acentuada produtividade de espigas-refugo (Fig. 8), que foi máxima na faixa com lençol freático a 0,95 m. Possivelmente as inadequadas condições de umidade influenciaram o desenvolvimento das inflorescências, causando redução do número

de grãos por espigas e do número de espiguetas férteis, conforme Denmed & Shaw, citados por Magalhães & Silva (1987), que destacam a influência da deficiência de água do solo no processo de desenvolvimento da inflorescência.

CONCLUSÕES

1. As maiores produtividades estimadas de milho (peso de espigas comerciais por hectare) para as cultivares AG 162 e BR 106 ocorreram nas faixas de solo com o lençol freático mantido durante todo o ciclo da cultura às profundidades de 0,53 m e 0,60 m, respectivamente.

2. A produtividade da cultivar AG 162 apresentou-se decrescente conforme as profundidades do lençol freático 0,50 m; 0,65 m; 0,35 m; 0,80 m e 0,95 m, enquanto a cultivar BR 106 apresentou um decréscimo da produtividade com as profundidades 0,65 m; 0,50 m; 0,80 m; 0,35 m e 0,95 m.

3. A queda da produtividade nas parcelas com o lençol freático a 0,35 m deveu-se ao excesso de umidade e conseqüente deficiência de aeração, enquanto, nas parcelas com lençol freático a 0,80 m e 0,95 m a queda foi conseqüência dos teores de água insuficientes ao desenvolvimento da cultura.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo e ao PROVÁRZEAS NACIONAL pelo financiamento; aos funcionários do setor de irrigação e drenagem da Fazenda Experimental de Leopoldina/Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e ao Centro Nacional de Pesquisa de Agricultura Irrigada/EMBRAPA onde os dados foram processados e o trabalho escrito.

REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 2ed. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1982. 463p.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.374-390.
- CHAUDHARY, T.N.; BHATNAGAR, V.K.; PRIHAR, S.S. Corn yield and nutrient uptake as affected by water table depth and soil submergence. *Agronomy Journal*, v.67, p.745-749, 1975.
- CRUCIANI, D.E. *A drenagem na agricultura*. São Paulo: Nobel, 1980. 333p.
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro) *Manual de métodos e análise de solos*. Rio de Janeiro, 1979. p.
- FORSYTHE, W. *Física de solos; manual de laboratório*. San José: IICA, 1975. 212p.
- GOINS, T.; LUNIN, J.; WORLEY, H.L. Water table effects on growth of tomatoes, snap beans and sweet corn. *Transaction of the Asae*, v.9, p.530-533, 1966.
- KIRKHAM, D. Proposed method for field measurement of permeability of soil below the water table. *Soil Science Society of America. Proceedings*, v.10, p.58-68, 1946.
- KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1., p.210-220.
- KÖNIG, O. *Rendimento do milho sob três níveis estáticos de drenagem e irrigação superficial em planossolo*. (RS). Santa Maria: UFSM, Imprensa Universitária, 1983. 85p. Tese de Mestrado.
- LAL, R.; TAYLOR, G.S. Drainage and nutrient effects in a field lysimeter study. I. Corn yield and soil conditions. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.33, p.937-941, 1969.
- MAGALHÃES, A.C.; SILVA, W.J. da. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.O. *Me-*

lhoramento e produção do milho. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2. p.423-450.

MARINATO, R. Irrigação em milho. Informe Agropecuário, v.6, n.72, p.42-45, 1980.

PIZARRO, F. Drenage agrícola y recuperación de

suelos salinos. [S.l.]: Agrícola Española, 1978. 525p.

PROVÁRZEAS. Relatório 87. Resultados acumulados. [S.l.]: PROVÁRZEAS/PROFIR, [19..]. 34p.