

MANEJO DE IRRIGAÇÃO DA CEVADA SOB CONDIÇÕES DE CERRADO VISANDO O POTENCIAL DE PRODUÇÃO¹

ANTONIO FERNANDO GUERRA²

RESUMO - A resposta da cevada (*Hordeum vulgare* L.) a seis níveis de tensão de água no solo foi estudada em um LVE argiloso da região dos cerrados. A cultura foi irrigada quando a tensão de água no solo medida a 10 cm de profundidade atingiu valores de 37, 56, 68, 196, 570 e 1.012 kPa. As irrigações foram feitas com uma mangueira de plástico, conectada a um tubo de PVC perfurado para garantir uma aplicação de água uniforme nas parcelas experimentais. A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi calculada para repor a água consumida no perfil de solo de 1 m até a capacidade de campo (6 kPa). Verificou-se que a cevada manteve seu rendimento até a tensão de 570 kPa. Os componentes de produção que determinaram a redução de rendimento para o tratamento com maior valor de tensão (1.012 kPa) foram o número de espigas por m² e o número de grãos por espiga. Dentre os tratamentos com alta produtividade, o irrigado a 570 kPa resultou na menor quantidade de água aplicada para a mesma produção de grãos.

Termos para indexação: tensão de água no solo, tensiômetros, blocos de gesso.

IRRIGATION TIMING ON BARLEY IN THE CERRADO REGION FOR POTENTIAL YIELD

ABSTRACT - The response of barley (*Hordeum vulgare* L.) to six levels of soil-water tension was studied in a Clayey Dark-Red Latosol of the Brazilian savannah region. The crop was irrigated when the soil-water tension measured with tensiometers and/or gypsum blocks reached values of 37, 56, 68, 196, 570 and 1.012 kPa at a depth of 10 cm. The water was applied to the crop by using a plastic hose connected to a PVC perforated tube to assure uniform water distribution on the experimental plots. The amount of water applied in each irrigation was calculated to bring the soil profile 1 m depth to the field capacity (6 kPa). It was verified that barley yield was the same for the soil-water tension ranged from 37 to 570 kPa. Significant reduction in yield was verified for the higher level of soil-water tension due to reduction in the number of spikes per m² and number of grain per spike. Among the high yield treatments, irrigation at 570 kPa resulted in lower water application for the same yield.

Index terms: soil-water tension, tensiometers, gypsum blocks.

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma prática indispensável para possibilitar o cultivo de inverno na região dos cerrados. Isso acontece porque apenas uma pequena parcela da precipitação anual (100 a 150 mm) ocorre no período de maio a setembro. A prática da irrigação depende, basicamente, da cultura, do

clima e das características do solo; portanto, as aplicações de água ao longo do ciclo das culturas devem ser feitas usando-se um critério que integre os fatores que determinam a necessidade de água das culturas. Segundo Guerra et al. (1992), o monitoramento das tensões de água no solo, têm demonstrado ser viável para orientar o irrigante na decisão do momento das aplicações de água e da quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação.

Os cultivos intensivos, necessários para viabilizar economicamente os sistemas de produção irrigados, têm a rotação de culturas como um dos fa-

¹ Aceito para publicação em 8 de fevereiro de 1994.

² Eng.-Agríc., Ph.D. em Engenharia de Irrigação. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC). Planaltina, DF, CEP 73301-970, Caixa Postal 08233, Fax: (061) 389-2953.

tores essenciais ao seu bom desempenho. Isso porque a sucessão gramínea-leguminosa determina uma redução drástica do potencial de inóculo de doenças do solo ou do sistema radicular, como a esclerotínea, fusariose e rizoctoniose, as quais podem comprometer seriamente a utilização da área irrigada (Curl, 1963).

Atualmente, a agricultura irrigada na região dos cerrados só conta com a cultura do trigo como gramínea para o cultivo de inverno. Em períodos em que o preço do trigo se torna inviável para os produtores, há uma tendência de se cultivarem sucessivamente leguminosas, o que resulta, na maioria das vezes, no estabelecimento de doenças do solo ou do sistema radicular de difícil controle.

Uma das opções de gramínea de inverno para a rotação de culturas em sistemas irrigados nessa região é a cevada cervejeira. Atualmente, cerca de 55% da cevada utilizada no Brasil para produção de malte é importada. Do consumo de aproximadamente 350.000 toneladas de grãos em 1991, a produção brasileira ficou na faixa de 157.000 toneladas (Barata, 1991). A pequena produção brasileira ocorre na região sul do País, e é cultivada sob regime de sequeiro, dependendo, portanto, das condições climáticas da região, o que resulta em grandes variações da qualidade de grãos para a produção de malte.

Pouco se sabe sobre o comportamento da cultura de cevada cervejeira sob regime de irrigação, na região dos cerrados (Silva & Andrade, 1985). Portanto, para incorporar essa cultura ao sistema produtivo irrigado, é necessário estabelecer técnicas de manejo que possibilitem a obtenção de al-

tos rendimentos de grãos com sortimento comercial satisfatório e níveis de proteína adequados à produção de malte.

O nível máximo de proteína nos grãos admitido pela indústria de malte cervejeiro é de 12%. Esse valor está regulamentado na portaria do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária sob o número 389 de 9 de maio de 1979 (Silva & Andrade, 1985).

Embora parte do teor de proteína dos grãos seja determinado pelas características genéticas da variedade, grande parte da proteína depende das condições de manejo da cultura, e do clima (Wells & Dubetz, 1966; Banasik & Power, 1973; Lieberman, 1989; Mogensen & Jensen, 1989).

Assim, o objetivo desse trabalho foi estudar o efeito de seis níveis de tensão de água no solo, no momento das irrigações, sobre o rendimento, sobre seus componentes e sobre a qualidade dos grãos de cevada, visando estabelecer critérios para o manejo de irrigação da cevada cervejeira na região dos cerrados.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido durante a estação seca de 1984, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), localizado em Planaltina, DF (latitude 15°36'S, longitude 47°42'W e altitude de 1.014 m). O solo da área experimental foi classificado como um Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa, cujas características físicas estão apresentadas na Tabela 1 e na Fig. 1, e características químicas, na Tabela 2. A curva de retenção de água no solo (Fig. 1) usada para o cálculo

TABELA 1. Características físicas do Latossolo Vermelho Escuro presente na área experimental.

Profundidade do solo (cm)	Areia		Silte (%)	Argila (%)	Densidade	
	Grossa (%)	Fina (%)			Específica (g/cm ³)	Aparente (g/cm)
0-10	11,0	29,5	20,5	39,0	2,76	1,09
10-20	11,5	28,8	20,0	39,2	2,72	1,09
20-30	11,5	28,7	20,3	39,2	2,77	1,12
30-40	11,2	28,3	20,7	40,3	2,77	1,10
40-50	11,5	28,5	17,2	44,2	2,75	1,09
50-60	11,5	28,8	17,0	43,8	2,78	1,09

lo das irrigações foi ajustada pelo modelo proposto por Genuchten (1980).

Os tratamentos preestabelecidos foram os níveis de tensão de água, no solo, de 33, 50, 70, 100, 500 e 1.000 kPa. Tensiómetros e blocos de gesso foram instalados em cada tratamento, nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 e 120 cm. Tensiómetros foram usados para monitorar o momento das aplicações de água nos tratamentos de 33 a 70 kPa, e blocos de gesso, nos tratamentos de 100 a 1.000 kPa. Os valores de tensão de água no solo medidos a 10 cm de profundidade foram usados para indicar o momento das irrigações.

A quantidade de água necessária em cada irrigação

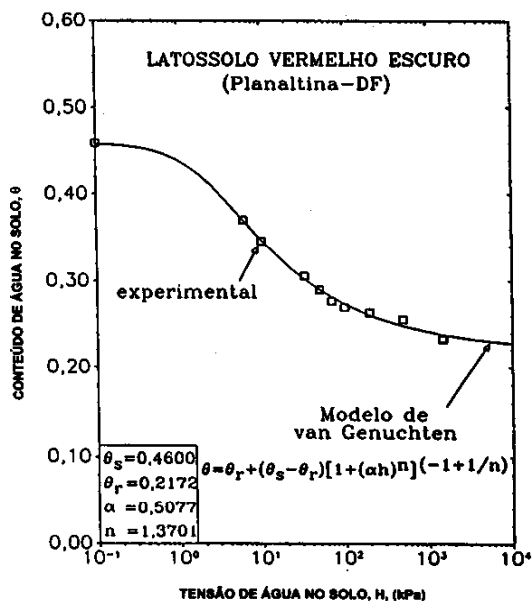


FIG. 1. Curva característica de retenção de água no solo da área experimental.

foi calculada para repor a água consumida no perfil de solo de 1 m de profundidade até à capacidade de campo (6 kPa). A água foi aplicada à cultura com uma mangueira de plástico, conectada a um tubo de PVC perfurado para permitir uma distribuição de água uniforme nas parcelas experimentais.

A linhagem de cevada utilizada foi a PFC 8023. Os fatores que determinaram a escolha dessa linhagem foram seu alto potencial de rendimento e resistência ao acamamento.

O experimento consistiu de 24 parcelas com área individual de 11 m² cada. O plantio da cevada foi feito manualmente, no dia 10 de maio, em linhas com espaços de 20 cm entre si, usando 250 sementes aptas por m². O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com seis níveis de tensão de água no solo, em quatro repetições.

Durante o período chuvoso anterior, foram cultivadas e incorporadas ao solo mucuna preta e crotalária como adubações verdes, buscando deixar o solo em condições apropriadas para obtenção do potencial de produção.

A adubação de correção e manutenção foi feita com base na análise química do solo (Tabela 2), distribuindo-se manualmente a lanço, em quadrículas de 5 por 5 m, as seguintes doses de fertilizantes: a) 120 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo; b) 100 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio; c) 85 kg/ha de MgO, na forma de sulfato de magnésio, visando à correção da relação Ca:Mg de 8,2:1 para 6:1; d) 40 kg/ha de FTE BR-12 para adicionar micronutrientes. Silva & Andrade (1985) indicam que o FTE BR-12 contém 9,2% de Zn, 3,7% de Fe, 3,4% de Mn; 2,2% de B, 0,8% de Cu e 0,1% de Mo.

Após a distribuição dos fertilizantes, foi feita uma aração profunda, para incorporar e misturar os adubos com o solo, e em seguida, uma gradagem niveladora, para deixar a superfície do solo em condições adequadas para o plantio.

TABELA 2. Características químicas do Latossolo Vermelho Escuro presente na área experimental.

Prof. do solo (cm)	pH (H ₂ O)	Al (me/100 ml)	Ca (me/100 ml)	P (me/100 ml)	K (ppm)	Mo (%)
0-10	6,1	0,02	4,74	12,1	106	2,69
10-20	6,1	0,02	4,90	4,5	22	2,69
20-30	6,4	0,02	3,96	0,9	20	2,02
30-40	6,4	0,02	3,46	0,7	24	2,02
40-50	5,9	0,04	2,24	0,6	22	1,97
50-60	5,5	0,14	1,34	0,5	13	1,71

Foram ainda aplicados 60 kg/ha de N na forma de uréia, sendo que 40 kg/ha foram aplicados manualmente logo após a emergência, e 20 kg/ha, quando as plantas estavam na fase inicial de perfilhamento. Após cada aplicação de N, foi aplicada uma lâmina de água de 5 mm, para incorporar a uréia ao solo.

Logo após a emergência, foi aplicado furadão granulado, por meio de um polvilhador costal, na dosagem de 20 kg/ha, para controle da lagarta elasmô. Durante o ciclo da cultura, foram feitas uma aplicação de malation na dosagem de 1 l/ha e uma de azodrin na dosagem de 800 ml/ha, para controle de vaquinhas. Também foi aplicado bayleton na dosagem de 300 ml/100 l, para controle de oídio.

O número de plantas por m² e de perfilhos por planta foi estabelecido pela contagem de todas as plantas ou perfilhos das três linhas centrais da parcela útil. A altura da planta foi medida na época do espigamento, em cinco pontos de cada parcela experimental.

O número de espigas por m² foi obtido pela contagem de todas as espigas da parcela útil, e o número de grãos por espiga, a partir de amostragens aleatórias de 20 espigas por parcela.

Após a colheita, o peso de 1.000 grãos foi obtido de dez amostras de grãos, e o sortimento comercial, usando-se dez pesagens de 100 g de cada parcela útil. Cada lote de 100 g foi então classificado por tamanho, usando-se peneiras com mesh de 2,5 e 2,2 mm. Os grãos retidos na peneira de 2,5 mm foram considerados de primeira qualidade; os retidos na peneira de 2,2 mm, foram considerados de segunda; e os que não ficaram retidos na peneira de 2,2 mm, de 3ª qualidade ou refugo. Essa classificação comercial da cevada é feita para servir de parâmetro para a comercialização, uma vez que o preço da cevada cervejeira depende do tamanho dos grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tensões médias de água no solo registradas a 10 cm de profundidade no momento das irrigações, ao longo do ciclo da cultura, para os tratamentos estabelecidos, resultaram em 37, 56, 68, 196, 570 e 1.012 kPa. Verifica-se, na Tabela 3, que não houve diferença significativa do número de plantas por m² e do número de perfilhos por planta, o que indica a boa uniformidade das plantas nas parcelas experimentais durante o período de estabelecimento da cultura. O ciclo da cultura, independentemente dos tratamentos impostos, foi de 112 dias.

Observa-se, na Tabela 4, que os rendimentos de grãos resultaram em valores superiores a 6.000 kg/ha e foram significativamente iguais para os níveis de tensão de água, no solo, de 37 a 570 kPa. Entretanto, pela Fig. 2, verifica-se que para a obtenção da máxima produtividade a cevada deve ser irrigada a tensões de 200 a 400 kPa. O único tratamento que causou redução significativa no rendimento por causa da magnitude do estresse hídrico foi o irrigado a 1.012 kPa. Reduções de rendimento de grãos em decorrência do estresse hídrico também foram observadas por Banasik & Power (1973) e Mogensen & Jensen (1989). Por outro lado, esses resultados mostram que a cultura de cevada suporta um déficit hídrico bem mais intenso do que o trigo, o qual tem mostrado reduções significativas de rendimento em relação a tensões superiores a 67 kPa (Guerra et al., 1987; Azevedo, 1988; Guerra et al., 1992). Singh & Kumar (1981) sugerem que essa maior capacidade da cevada em suportar um déficit hídrico dessa magnitude se deve ao fato de a cevada apresentar um sistema radicular muito mais agressivo do que o trigo.

De modo geral, pode-se verificar, na Tabela 4, que todos os componentes de produção foram afetados pelos níveis de tensão de água no solo, exceto o peso de 1.000 grãos, que foi significativamente igual em todos os tratamentos. Contudo, os principais componentes de produção que determinaram a redução significativa do rendimento no tratamento irrigado a 1.012 kPa foram o número

TABELA 3. Número de plantas e número de perfilhos por planta de cevada (PFC 8023).

Tensão (kPa)	Número de plantas por m ²	Número de perfilhos por planta
37	278 a*	2,7 a
56	256 a	2,8 a
70	262 a	2,8 a
196	259 a	2,6 a
570	254 a	2,5 a
1.012	265 a	2,6 a

* Valores seguidos de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Valores médios de rendimento e seus componentes altura de planta e proteína dos grãos de cevada (PFC 8023), em função da tensão de água no solo no momento das irrigações em LVE dos cerrados.

Tensão (kPa)	Rendimento (kg/ha)	Espigas por m ²	Grãos por espiga	Altura da planta (cm)	Peso de 1.000 grãos (g)	Proteína (%)
37	6.173 a*	596 a	27 a	89 a	42,4 a	14,2 a
56	6.380 a	595 a	27 a	85 a	42,8 a	13,6 a
68	6.150 a	600 a	26 ab	82 ab	42,4 a	13,6 a
196	6.463 a	611 a	26 ab	83 ab	43,1 a	13,9 a
570	6.170 a	613 a	24 b	78 b	42,5 a	13,9 a
1.012	4.928 b	550 b	21 c	71 c	42,9 a	15,8 b

* Valores seguidos de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

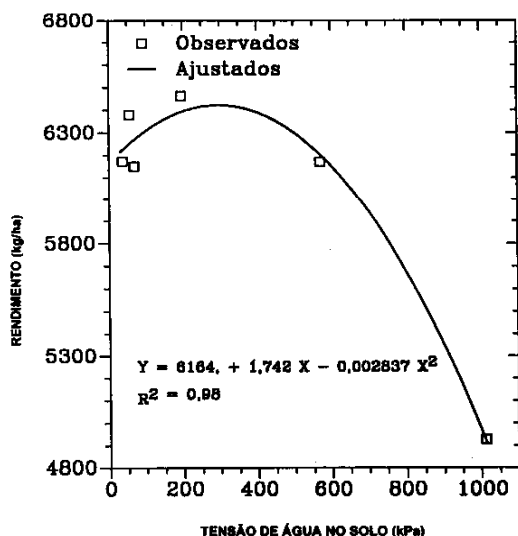


FIG. 2. Rendimento de grãos de cevada em função da tensão de água no solo.

ro de espigas por m² e o número de grãos por espiga.

A altura das plantas também foi reduzida sensivelmente nos tratamentos irrigados a maiores tensões, o que indica que o desenvolvimento vegetativo foi influenciado significativamente pelos tratamentos impostos (Tabela 4). Entretanto, no tratamento irrigado a 570 kPa, mesmo tendo havido uma redução significativa no desenvolvimento vegetativo e no número de grãos por espiga em relação aos tratamentos irrigados a menores ten-

sões, não houve diferença significativa de rendimento, graças a uma compensação entre o número de espigas e o número de grãos por espiga.

Verifica-se, ainda, na Tabela 4, que em todos os tratamentos a percentagem de proteína nos grãos atingiu valores superiores a 12%, que é o máximo permitido pela indústria de malte (Brasil, 1986). Isso certamente ocorreu por causa do excesso de N resultante das duas adubações verdes, mais a adição de 60 kg de N por hectare na forma de uréia. Filgueira (1993) indica que após a cultura de soja o máximo de N a ser aplicado para a cevada é 40 kg/ha. Acima dessa dose, o teor de proteína atinge valores superiores ao máximo admitido pela indústria de malte. Entretanto, com essa dose de N a produtividade da cevada ficou restrita a 5.000 kg/ha. Esses resultados permitem ponderar que o cultivo de cevada para fins cervejeiros, nessa região, não pode visar ao potencial de produção, mas sim, procurar um ponto de equilíbrio entre o rendimento e a qualidade dos grãos, para garantir um produto dentro das qualidades exigidas pela indústria de malte. Embora o teor de proteína tenha sido alto em todos os tratamentos, verificou-se uma elevação drástica desse componente no tratamento irrigado a 1.012 kPa, o que indica que o manejo adequado da água é fundamental para garantir uma produção de grãos com qualidade para malteação.

Quanto ao sortimento comercial, observa-se, na Tabela 5, que todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao mínimo exigido pela indústria de malte, que é de 80% (Brasil, 1986). A per-

TABELA 5. Sortimento comercial dos grãos de cevada (PFC 8023) em função da tensão de água no solo no momento das irrigações em LVE da região dos cerrados.

Tensão (kPa)	Sortimento comercial		
	1ª.	2ª.	3ª.
	($\phi > 2,5$ mm)	($\phi > 2,2$ mm)	($\phi < 2,2$ mm)
37	94,0 a*	5,2 a	0,8 a
56	94,0 a	4,8 a	1,2 a
68	94,2 a	4,9 a	0,9 a
196	94,8 a	4,2 a	1,0 a
570	93,8 a	5,1 a	1,1 a
1.012	97,0 b	2,6 b	0,4 b

* Valores seguidos de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

centagem de grãos de terceira qualidade ou refugo da produção de malte ficou em torno de 1%, o que demonstra a grande aptidão dessa região para produção de cevada cervejeira. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva & Andrade (1985), Dotto et al. (1987) e Filgueira (1993). Um bom sortimento comercial é importante para a indústria de malte, porque grãos maiores e uniformes apresentam, normalmente, uma germinação homogênea, o que favorece o processo de fabricação, resultando em malte de boa qualidade.

Contrariamente ao esperado, o tratamento irrigado a 1.012 kPa - o qual demonstrou ter sofrido déficit hídrico -, apresentou maior percentagem de grãos de primeira qualidade. Isso certamente ocorreu porque o déficit hídrico foi aplicado durante todo o ciclo da cultura, e as flores da parte basal das espigas, onde os grãos produzidos são normalmente menores, foram abortadas por causa do estresse hídrico.

Em relação à aplicação de água, observa-se, na Tabela 6, que no tratamento irrigado a 37 kPa foram necessárias 24 irrigações durante o ciclo da cultura, enquanto no tratamento irrigado a 570 kPa - o qual apresentou rendimento significativamente igual -, foram necessárias apenas 12 irrigações. Nesses tratamentos, a lâmina aplicada variou de, aproximadamente, 900 mm a 670 mm, respectivamente (Fig. 3). Conseqüentemente, entre

TABELA 6. Número de irrigações e lâmina média de água aplicada na cultura de cevada (PFC 8023), em função da tensão de água no solo no momento das irrigações em LVE dos cerrados.

Tensão (kPa)	Tensão (kPa)			Número de irrigações	Eficiência da água aplicada (kg/mm)
	Profundidade (cm)				
	10	20	30		
37	32	30	24	6,7	
56	32	33	21	6,9	
68	41	29	18	7,5	
196	54	43	16	8,6	
570	169	88	12	9,1	
1.012	570	359	7	9,1	

os tratamentos com produtividade acima de 6.000 kg/ha, a maior eficiência da água aplicada resultou do tratamento irrigado a 570 kPa (Tabela 6). Esses resultados indicam que o monitoramento das tensões de água no solo constitui critério viável para o manejo das irrigações nos latossolos da região dos cerrados. Além disso, ficou demonstrado que manejar adequadamente as irrigações é de suma importância para viabilizar a cultura de cevada cervejeira, principalmente no que diz respeito à economia de água, e, conseqüentemente, de energia.

Pela Fig. 4, verifica-se que o rendimento de grãos de cevada aumenta quase que linearmente em relação às lâminas de água aplicada de 540 a 700 mm, o que indica uma resposta direta da produtividade com a água aplicada. Já o potencial de produção de aproximadamente 6.450 kg/ha é obtido com a aplicação de uma lâmina em torno de 800 mm. Vale salientar que entre as lâminas de 700 e 800 mm, o incremento de produtividade por milímetro de água aplicada é menor e passa a ser negativo para lâminas superiores a 800 mm, o que indica os efeitos do excesso de água para a cultura de cevada. Minella et al. (1985) indicam que o requerimento de água da cultura de cevada está em torno de 600 mm. Entretanto, considerando que o requerimento de água de uma cultura depende do potencial produtivo (Tabela 6), o estabelecimento

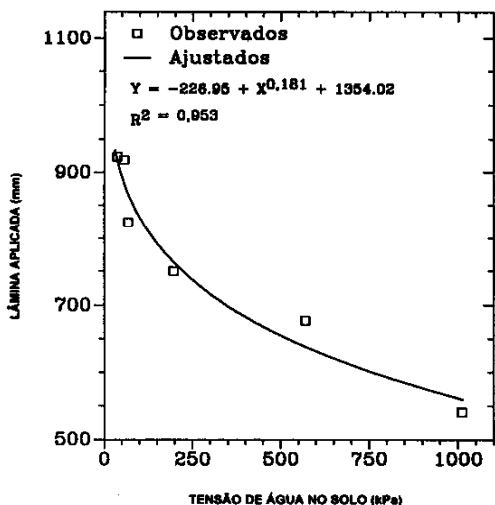


FIG. 3. Relação entre a lâmina de água aplicada e a tensão de água no solo.

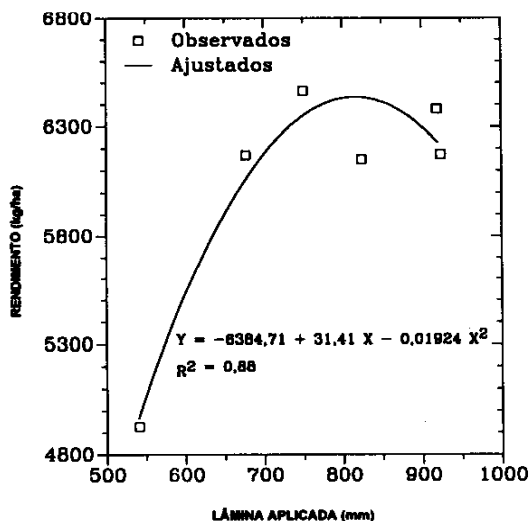


FIG. 4. Rendimento de grãos de cevada em função da lâmina de água aplicada.

de uma lâmina de água dependerá da expectativa de produção da lavoura.

Considerando que os tensiômetros são instrumentos que medem adequadamente tensões até 80 kPa, observa-se, na Tabela 6, que seria possível

utilizá-los para o manejo das irrigações da cevada, desde que sejam instalados a 30 cm de profundidade.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de um estresse hídrico drástico causa reduções de rendimento e aumento de proteína dos grãos de cevada.

2. É necessário estabelecer um manejo de água que, associado a outras práticas culturais, possibilite a obtenção de altos rendimentos de grãos com teor de proteína que satisfaça a exigência do mercado.

3. Independentemente dos tratamentos impostos, a qualidade da cevada, em termos de tamanho e uniformidade dos grãos, é superior ao exigido para a produção de malte.

4. O critério de tensão de água no solo apresenta um alto potencial para o manejo das irrigações da cultura de cevada em LVE dos Cerrados.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.A. de. Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado em solo de cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes da produção, desenvolvimento e uso de água. Piracicaba, SP: ESAL, 1988. 157p. Tese de Doutorado.
- BANASIK, O.J.; POWER, J.F. Effect of water and nitrogen supply on malting quality of barley. *Brewers Digest*, v.48, p.56-62, 1973.
- BARATA, M.M.L. Cevada cervejeira. Rio de Janeiro: FVG. Centro de Estudos Agrícolas, 1991. (Circulação Interna, 9). Separata de Acompanhamento Conjuntural da Agropecuária.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Abastecimento. Comissão Técnica de Normas e Padrões. Especificações para a padronização e comercialização interna da aveia, centeio e cevada. Brasília, 1986. v.5, n.8, p.1-23.
- CURL, E.A. Control of plant diseases by plant rotation. *Botanical Review*, v.29, n.4, p.413-477, 1963.

- DOTTO, S.R.; IOCZESKI, E.J.; ANJOS, J.R.N.; ANTONIAZZI, N. Competição de linhagens de cevada cervejeira na região dos cerrados sob regime de irrigação. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**, Planaltina, DF, p.312-316, 1987.
- FILGUEIRA, H.J.A. Manejo de irrigação e adubação nitrogenada em cevada (*Hordeum vulgare* L.) sob condições de cerrado: Viçosa, MG: UFV, 1993. 87p. Tese de Mestrado.
- GENUCHTEN, M.T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. de. Estabelecimento do momento de irrigação em trigo e cevada baseado em níveis de tensão de água em latossolo dos cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**, Planaltina, DF, p.227-231, 1987.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. de. Manejo de irrigação do trigo com base na tensão de água em latossolos dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991. Natal, RN. Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1992. v.1, t.1, p.493-505.
- LIEBMAN, M. Effects of nitrogen fertilizer, irrigation and crop genotype on canopy relations and yields of an inter crop/weed mixture. **Field Crops Research**, v.2, n.22, p.83-100, 1989.
- MINELLA, E.; DOTTO, S.R.; ANDRADE, J.M.V. Cultivo de cevada cervejeira sob irrigação no Brasil Central: lavouras e campos pilotos. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1985. 5p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 35).
- MOGENSEN, V.O.; JENSEN, H.E. The concept of stress days in modelling crop yield response to water stress. In: PLANCQUAERT, P. (Ed.) **Agriculture: management of water resources in cash and in alternative production systems**. Luxembourg: Commission of the European Communities, 1989. p.12-22.
- SILVA, A.R.; ANDRADE, J.M.V. A cultura de cevada na estação seca com irrigação nos cerrados do DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.7, n.20, p.807-819, 1985.
- SING, K.P.; KUMAR, V. Water use and water-use efficiency of wheat and barley in relation to seedling dates, levels of irrigation and nitrogen fertilization. **Agricultural Water Management**, v.4, n.3, p.305-316, 1981.
- WELLS, S.A.; DUBETZ, S. Reaction of barley varieties to soil water stress. **Canadian Journal of Plant Science**, v.5, n.46, p.507-512, 1966.