

EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TRIGO¹

ANTÔNIO TUBELIS², FERNANDO GOULART DE ANDRADE E SOUZA³

RESUMO - Estudou-se o efeito da irrigação na produtividade final da cultura do trigo por meio de um ensaio, com duração variável do período em que foram feitas as irrigações. Todos os períodos tiveram início na data do plantio. O ensaio foi instalado em Botucatu, Estado de São Paulo, em Latossolo Roxo, plano, de baixada, sem adubação e sem calagem, usando a cultivar BH 1146. A cultura se desenvolveu sob boas condições climáticas, tendo completado o ciclo de 118 dias. Correlacionou-se a produtividade final da cultura com a água aplicada em períodos com durações que variaram de 20 a 110 dias. Foram obtidas 49 equações lineares simples entre a altura de água aplicada e a produtividade de grãos de trigo. Estudou-se a variação da produtividade da cultura para aumentos de 1 mm na altura de água aplicada nos períodos referidos, encontrando-se uma variação de 767,7% na taxa de aproveitamento da água. Analisou-se o incremento de produtividade da cultura para a aplicação de 1 mm de altura d'água em cada dez dias de duração do período considerado. Os incrementos de produtividade apresentaram uma variação de 600,5%. Por fim, estimou-se o nível de irrigação necessário para atingir determinados níveis de produtividade de trigo.

Termos para indexação: clima, necessidade hídrica, previsão de safra.

IRRIGATION EFFECT ON WHEAT CROP PRODUCTIVITY

ABSTRACT - This paper deals with the effect of supplemental irrigation on the final productivity of wheat crop. It is based on an experiment having a variable duration of irrigation periods. All the periods started at the sowing date. The experiment was installed at Botucatu, São Paulo State, Brazil, on shallow, flat, purple latosol, without fertilizer and without liming, using the BH 1146 cultivar. The crop was grown under good climatic conditions having completed its cycle within 118 days. Final yield of the crop was correlated with the height of applied water in periods whose duration varied from 20 until 110 days. Forty-nine simple, linear equations between the height of applied water and the yield of wheat grain were obtained. Variation of wheat crop yield caused by the increase of 1 mm in the height of applied water was studied. A 767.7% - index of variation in the water profitability ratio was observed. The increment of crop yield by the application of 1 mm of water height in each ten days of duration of concerned period was analysed. The crop yield increments showed a variation of 600.5%. At last, the level of irrigation was estimated to obtain certain wheat crop yields.

Index terms: climate, water needs, yield forecast.

INTRODUÇÃO

O Brasil procura atingir a auto-suficiência na produção de trigo através da expansão da área de cultivo. Na região Sul, tradicional produtora de trigo, a cultura se desenvolve em condições satisfatórias de precipitações pluviais. Esta condição climática não ocorre nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, nas quais se faz, presentemente, a expansão da área de cultivo. Nelas, o cultivo do trigo é feito na época de outono-inverno, quando os totais pluviométricos são pequenos e as precipitações pluviais, pouco frequentes.

Estima-se entre 12,5% e 34% a percentagem de anos de provável sucesso da cultura do trigo não-irrigado, em regiões aptas ao plantio no Estado de São Paulo, para semeadura em abril e maio (Krug & Viégas 1938). Nos cerrados do Brasil Central, é impraticável a cultura do trigo sem irrigação, no período de maio a setembro (Silva et al. 1976). Neste período, a precipitação média acumulada para Brasília é de 69,7 mm, sendo junho o mês mais seco, com 3,4 mm.

Segundo Azzi, citado por Bittencourt (1942), são as seguintes as necessidades de precipitação pluvial para a cultura do trigo não-irrigado:

Estágio vegetativo	Necessidades de precipitação pluvial (mm)	
	Mínima	Máxima
Germinação e desenvolvimento inicial	50	200

¹ Aceito para publicação em 19 de dezembro de 1983.

² Eng.^o - Agr.^o, Dr., Professor-Adjunto do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP, CEP 15100 - São José do Rio Preto, SP.

³ Eng.^o - Agr.^o, Professor-Assistente do Departamento de Economia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, CEP 18600 - Botucatu, SP.

Estágio vegetativo	Necessidades de precipitação pluvial (mm)	
	Mínima	Máxima
Perfilhamento	30	80
Espigamento	40	-
Granação e maturação	15	60
Período vegetativo total	135	340

Para a cultura irrigada, entretanto, as necessidades hídricas serão maiores. São poucos os trabalhos existentes neste aspecto, o que torna pouco precisa a quantificação deste parâmetro.

O presente trabalho estuda o efeito da irrigação na produtividade final da cultura do trigo em Botucatu, Estado de São Paulo. Nele se estuda e se quantifica a relação entre a altura de lâmina d'água aplicada em cada fase do ciclo vegetativo da cultura, com a produtividade final de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do ensaio e clima. O ensaio foi conduzido na Fazenda Edgardia, localizada na Estação Experimental Presidente Médici, no município de Botucatu, SP, em local caracterizado pelas coordenadas geográficas, latitude 22° 49' 9" S, longitude de 48° 23' 46" W. Grw. e altitude de 510 m.

O local está situado em região de tipo climático quente, com inverno seco e verões quentes (Cwa), dentro do grupo de Climas Mesotérmicos Úmidos (C), segundo a classificação climática de William Köppen (Tubelis & Nascimento 1980). Botucatu encontra-se situada em região ecologicamente apta para a cultura do trigo (São Paulo 1974).

Solo e adubação. O ensaio foi instalado em solo Latossolo Roxo, em relevo plano, de baixada, sem erosão laminar aparente.

A análise de fertilidade do solo revelou teor de fósforo trocável (PO_4^{3-}) de 0,069 miliequivalentes por 100 g de terra fina seca ao ar e pH de 6,2. Não se fez qualquer adubação ou calagem.

Dados pluviométricos. Os dados de precipitação pluvial foram obtidos através de um pluviômetro de 400 cm² de área de captação, instalado a 1,5 m de altura, no local do ensaio. As leituras eram feitas diariamente.

Irrigação suplementar. Semanalmente, era aplicada irrigação suplementar, estimando-se a quantidade de água necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. O volume de água a ser aplicado era calculado através da expressão:

$$V = S.H.D(Ucc-Ua)$$

onde as letras simbolizam: V o volume de água a ser aplicado, S a área da parcela; H a profundidade do perfil do solo; D a densidade aparente do solo; Ucc a umidade do solo na condição dinâmica da capacidade de campo; e Ua a umidade atual do solo. Ambas as umidades foram tomadas em relação ao peso seco do solo. A irrigação era feita manualmente, empregando-se regadores de crivo fino.

Delineamento experimental. No plantio do ensaio, foram utilizadas sementes de trigo da cultivar BH 1146, adquiridas da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 16 tratamentos, em três repetições (Souza & Tubelis 1982). Os tratamentos consistiram em variar a duração do período, no qual foram feitas as irrigações suplementares, que sempre iniciava na data do plantio. O tratamento A1 recebeu irrigações suplementares ao longo de todo o ciclo da cultura. O tratamento testemunha (A16) recebeu uma única irrigação suplementar na data de plantio. A produtividade média do ensaio foi de 679,1 kg/ha, com desvio padrão de $\pm 30,5$ kg/ha e coeficiente de variação de 31,2% (Souza & Tubelis 1982).

Processamento dos dados. O período de desenvolvimento da cultura teve os seus dias numerados em seqüência, considerando-se como zero o dia do plantio. Foram considerados, ao longo do ciclo da cultura, 55 períodos para a contabilização da água aplicada. Os períodos possuíam durações de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ou 110 dias. Cada um desses períodos está representado neste trabalho por dois números entre parênteses: o primeiro indica o início do período, e o segundo, o término, contados a partir da data de plantio. Calculou-se a água aplicada, como sendo a soma da precipitação pluvial mais a irrigação suplementar, para cada período do ciclo vegetativo. A lâmina d'água aplicada em cada um dos períodos foi correlacionada linearmente com a produtividade final da cultura. As equações de regressão foram calculadas pelo método dos quadrados mínimos, sempre para 16 pares de valores de produtividade versus água aplicada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento da cultura. O período vegetativo da cultura (plantio à colheita) foi de 118 dias para todos os tratamentos, bem próximo do de 125 dias, observado em Sete Lagoas, MG (Coqueiro et al. 1973), maior do que o de 86 dias, observado em Mandacaru, BA (Sá 1966) e, praticamente, coincidente com o de 120 dias, considerado média para o Estado de São Paulo (Bittencourt 1942).

Durante o período vegetativo, a temperatura do ar variou entre limites favoráveis ao desenvolvi-

mento normal da cultura, como já foi relatado em Souza & Tubelis (1982). O período de floração-maturação foi de 45 dias, dentro do intervalo de 30 a 80 dias, considerado favorável (Mota 1980).

Durante o período vegetativo da cultura, ocorreram nove precipitações, num total de 67,4 mm, bem abaixo de 135 mm, limite mínimo de necessidades de chuva (Bittencourt 1942), e também inferior ao intervalo de 150 mm a 180 mm, considerado necessário para a produtividade zero (Espinoza et al. 1980).

A baixa precipitação pluvial contribuiu para que a produtividade da cultura fosse baixa, 252,3 kg/ha, para o tratamento com uma única irrigação suplementar de 9,9 mm, na data do plantio. A irrigação suplementar elevou substancialmente a produtividade da cultura, 1.174,0 kg/ha para o melhor tratamento. As plantas tiveram bom desenvolvimento vegetativo e pequena produção de grãos. As melhores produtividades, entretanto, não alcançaram os altos índices de produtividade observados em vários ensaios de irrigação, como, por exemplo, 3.657 kg/ha e 4.309 kg/ha, em Sete Lagoas, MG (Coqueiro et al. 1973 e 1976), e 2.793 kg/ha, em Mandacaru, BA (Sá 1966). Os menores valores de produtividade em Botucatu devem-se ao fato de não ter sido empregada adubação nem calagem na realização do ensaio.

Ficou comprovado que a irrigação foi capaz de aumentar 4,7 vezes a produtividade da cultura do trigo, em anos de baixa precipitação pluvial no período vegetativo, para culturas conduzidas sem adubação e sem calagem. O emprego de adubação deverá produzir incrementos positivos.

Correlação linear entre produtividade e água aplicada. São mostrados na Tabela 1 os períodos em que os coeficientes de correlação linear simples, entre a produtividade final da cultura do trigo e a lâmina d'água aplicada, foram significantes ao nível de 1% de probabilidade. Esses resultados mostram que houve correlação linear entre a produtividade final da cultura do trigo e a altura de lâmina d'água aplicada, tanto para períodos curtos (20-39) dias, (10-39) dias, como para períodos longos (00-89) dias, (00-99) dias, (00-109) dias. Ao todo 49 períodos distintos.

Combinando estes resultados com os obtidos anteriormente (Souza & Tubelis 1982), constata-se

que são 53 os períodos do ciclo vegetativo da cultura em que a produtividade final da cultura está correlacionada com a altura de lâmina d'água aplicada. A ocorrência dessas correlações mostra que é possível prever a produção da cultura em função da altura de lâmina d'água aplicada, considerando todo o ciclo vegetativo ou parte dele, desde que outros fatores não interfiram.

Os coeficientes de correlação de cada dois períodos, defasados de dez dias, foram comparados entre si para estimar o efeito da altura de lâmina d'água, naqueles dez dias de defasamento, sobre o coeficiente de correlação. Constatou-se que a inclusão dos períodos (0-9) dias e (100-109) dias em períodos maiores não alterou o valor do coeficiente de correlação, indicando que a lâmina d'água nelas aplicada não está correlacionada com a produtividade final. Em outras palavras, a produtividade final não está correlacionada com a lâmina d'água aplicada nas fases de germinação e de grão ceroso.

A inclusão do período (0-9) dias não alterou o coeficiente de correlação, talvez pelo fato de todos os tratamentos haverem recebido irrigação de 9,9 mm, suficiente para garantir a germinação e desenvolvimento inicial das plantas. A aplicação de diferentes alturas de lâmina d'água nesta fase poderia ter conduzido a resultado diverso. Contudo, a existência de umidade no solo ou a irrigação no plantio se fazem necessárias para garantir a pronta germinação das sementes. A ausência de umidade no solo pode retardar ou inibir a germinação. Constatou-se, em Pindorama, SP, um período de 60 dias entre as datas de plantio e germinação do trigo, em consequência da seca ocorrida em 1936 (Krug & Viégas 1938).

A inclusão do período de grão ceroso, (100-109) dias, não alterou a correlação porque, nesta fase, o grão de trigo já está formado.

A inclusão dos períodos (10-19) dias e (20-29) dias em períodos maiores provocou pequenas variações no coeficiente de correlação, ora para mais ora para menos. Isto indica que a produtividade final está pouco correlacionada com a lâmina d'água aplicada nestes períodos.

A inclusão dos períodos (40-49) dias, (50-59) dias e (60-69) dias em períodos maiores provocou substanciais aumentos nos coeficientes de correlação indicando que, nestes períodos, a lâmina

TABELA 1. Períodos em que o coeficiente de correlação linear simples entre a altura de lâmina d'água aplicada e a produtividade final da cultura do trigo, foi significante, ao nível de 1% de probabilidade.

Duração do período	Período
20	(20-39) (30-49) (40-59) (50-69) (60-79) (70-89)
30	(10-39) (20-49) (30-59) (40-69) (50-79) (60-89) (70-99)
40	(0-39) (10-49) (20-59) (30-69) (40-79) (50-89) (60-99) (70-109)
50	(0-49) (10-59) (20-69) (30-79) (40-89) (50-99) (60-109)
60	(0-59) (10-69) (20-79) (30-89) (40-99) (50-109)
70	(0-69) (10-79) (20-89) (30-99) (40-109)
80	(0-79) (10-89) (20-99) (30-109)
90	(0-89) (10-99) (20-109)
100	(0-99) (10-109)
110	(0-109)

d'água aplicada está fortemente correlacionada com a produtividade final da cultura. Estes períodos correspondem ao pré-perfilhamento, pré-emborrachamento e primeira metade da floração.

A inclusão dos períodos (70-79) dias, (80-89) dias e (90-99) dias em períodos maiores provocou sensíveis reduções nos coeficientes de correlação. Este fato revela que, nas fases de fim de floração e grão leitoso, a produtividade final está fortemente correlacionada com a lâmina d'água aplicada.

Assim, a inclusão das fases de pré-perfilhamento, pré-emborrachamento e primeira metade da floração, no período de cômputo de lâmina d'água aplicada, aumenta a precisão da estimativa da produtividade final. A inclusão das fases de segunda metade da floração e grão leitoso provoca diminuição da precisão. A inclusão das demais fases do ciclo vegetativo pouco ou nada altera a precisão da estimativa, podendo ser perfeitamente dispensada.

O maior coeficiente de correlação ($r = 0,9110$) foi obtido para o período (50-69) dias, e o menor ($r = 0,6277$), para o período (70-89) dias.

Equações de produtividade. Foram calculadas equações lineares simples de regressão entre a produtividade final da cultura do trigo e a altura de lâmina d'água aplicada, para os períodos em que o coeficiente de correlação linear simples mostrou-se significante ao nível de 1% de probabilidade. As equações obtidas estão contidas na Tabela 2, na qual os valores entre parênteses indicam o período em que foi aplicada a lâmina d'água, expresso em número de dias após o plantio; W, a produtividade

da cultura do trigo, expressa em kg/ha; e H, a altura de lâmina d'água aplicada, expressa em milímetros.

Qualquer uma das equações da Tabela 2 pode ser utilizada na estimativa da produtividade da cultura. A estimativa mais precoce da produtividade pode ser feita já no 40º dia após o plantio, decorrido apenas 1/3 do ciclo vegetativo da cultura. A partir do 40º dia, a produtividade da cultura pode ser estimada de 10 em 10 dias, até o final do ciclo vegetativo. Para cada época em que for feita a estimativa, existe um conjunto de equações de produtividade, devendo-se escolher a mais apropriada em função do controle da irrigação que se fez.

Observa-se que tanto os coeficientes lineares, como os coeficientes angulares decrescem de valor quando se aumenta a duração do período considerado na estimativa. Assim, o coeficiente linear, que é de 378,7 kg/ha para o período (50-69) dias, decresce para 82,4 kg/ha para o período (00-69) dias. De maneira semelhante, o coeficiente angular, que era de 7,826 kg/ha . mm para o período (50-69) dias, decresce para 3,825 kg/ha . mm para o período (00-69) dias.

Outro critério seria escolher dentro do grupo a equação que apresentasse maior coeficiente de correlação, obtendo-se, deste modo, a estimativa mais precisa. A Fig. 1 é a representação gráfica da variação do coeficiente de correlação das equações de produtividade da Tabela 2 para cada época de estimativa. Ela foi elaborada através dos maiores valores de r para cada época. As estimativas são mais

TABELA 2. Equações lineares de regressão entre a produtividade final da cultura do trigo W (kg/ha) e a altura de lâmina d'água aplicada H (mm) e respectivos coeficientes de correlação r, para os períodos em que r mostrou-se significativa, ao nível de 1% de probabilidade.

W = b + m.H	r	W = b + m.H	r
W = 97,7 + 11,514 H (20-39)	0,6506	W = 494,5 + 4,077 H (70-89)	0,6277
W = 72,3 + 8,158 H (10-39)	0,6381	W = 461,6 + 3,557 H (60-89)	0,7165
W = - 6,4 + 8,140 H (00-39)	0,6353	W = 420,7 + 3,076 H (50-89)	0,7910
W = 334,7 + 7,455 H (30-49)	0,6802	W = 362,8 + 2,696 H (40-89)	0,8152
W = 152,3 + 6,285 H (20-49)	0,7084	W = 350,9 + 2,521 H (30-89)	0,8180
W = 100,8 + 5,369 H (10-49)	0,7066	W = 274,9 + 2,408 H (20-89)	0,8259
W = 47,7 + 5,369 H (00-49)	0,7066	W = 233,2 + 2,326 H (10-89)	0,8303
W = 362,4 + 13,866 H (40-59)	0,8771	W = 210,2 + 2,326 H (00-89)	0,8303
W = 274,4 + 5,861 H (30-59)	0,8425	W = 458,5 + 3,125 H (70-99)	0,6328
W = 138,7 + 5,066 H (20-59)	0,8388	W = 431,3 + 2,877 H (60-99)	0,7098
W = 76,6 + 4,670 H (10-59)	0,8493	W = 397,8 + 2,582 H (50-99)	0,7775
W = 42,1 + 4,535 H (00-59)	0,8304	W = 349,6 + 2,315 H (40-99)	0,8012
W = 378,7 + 7,826 H (50-69)	0,9110	W = 339,9 + 2,186 H (30-99)	0,8047
W = 286,4 + 5,476 H (40-69)	0,9037	W = 270,0 + 2,122 H (20-99)	0,8162
W = 288,5 + 4,618 H (30-69)	0,8811	W = 231,8 + 2,064 H (10-99)	0,8217
W = 172,1 + 4,148 H (20-69)	0,8781	W = 211,3 + 2,064 H (00-99)	0,8218
W = 120,2 + 3,825 H (10-69)	0,8726	W = 232,5 + 3,125 H (70-109)	0,6328
W = 82,4 + 3,825 H (00-69)	0,8726	W = 223,3 + 2,877 H (60-109)	0,7098
W = 440,7 + 4,434 H (60-79)	0,7469	W = 211,1 + 2,582 H (50-109)	0,7775
W = 400,4 + 3,639 H (50-79)	0,8202	W = 182,4 + 2,315 H (40-109)	0,8014
W = 339,5 + 3,089 H (40-79)	0,8391	W = 181,9 + 2,186 H (30-109)	0,8047
W = 328,7 + 2,854 H (30-79)	0,8395	W = 116,7 + 2,121 H (20-109)	0,8162
W = 248,1 + 2,686 H (20-79)	0,8433	W = 82,5 + 2,064 H (10-109)	0,8218
W = 204,2 + 2,576 H (10-79)	0,8461	W = 62,1 + 2,064 H (00-109)	0,8218
W = 178,7 + 2,576 H (00-79)	0,8461		

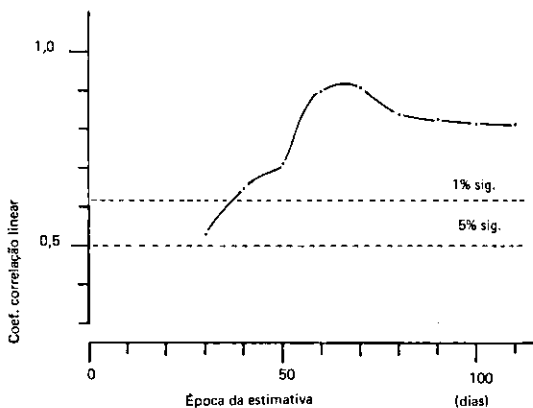


FIG. 1. Variação do coeficiente de correlação linear simples, para as equações de estimativa de produtividade de trigo, nas diferentes épocas do ciclo da cultura.

precisas no 60^o e 70^o dia. A precisão da estimativa decresce rapidamente para períodos anteriores ao 60^o dia e, lentamente, para períodos posteriores ao 70^o dia.

As equações da Tabela 2 também permitem estabelecer a melhor época para o cultivo do trigo do ponto de vista hídrico, bem como permitem isolar o efeito de lâmina d'água aplicada nas produtividades obtidas sob diferentes regimes hídricos.

Incrementos específicos de produtividade. O coeficiente angular das equações de produtividade da Tabela 2 indica o incremento de produtividade da cultura do trigo para o aumento de 1 mm (incremento específico de produtividade), na altura de lâmina d'água aplicada no período considerado.

A Tabela 3 contém os valores dos coeficientes angulares dispostos em ordem decrescente de grandeza. De maneira geral, a taxa de variação da pro-

TABELA 3. Incremento de produtividade (kg/ha.mm) da cultura do trigo para o aumento de 1 milímetro na altura de lâmina d'água aplicada no período considerado.

Incremento de produtividade	Período	Incremento de produtividade	Período
11,514	(20-39)	3,076	(50-89)
8,158	(10-39)	2,877	(60-99)
8,140	(00-39)	2,877	(60-109)
7,826	(50-69)	2,854	(30-79)
7,533	(40-59)	2,696	(40-89)
7,455	(30-49)	2,686	(20-79)
6,285	(20-40)	2,582	(50-99)
5,861	(30-59)	2,582	(50-109)
5,476	(40-69)	2,576	(10-79)
5,369	(10-40)	2,576	(00-79)
5,369	(00-49)	2,521	(30-89)
5,066	(20-59)	2,408	(20-89)
4,670	(10-59)	2,326	(10-89)
4,618	(30-69)	2,326	(00-89)
4,535	(00-59)	2,315	(40-99)
4,434	(60-79)	2,315	(40-109)
4,148	(20-69)	2,186	(30-99)
4,047	(70-89)	2,186	(30-109)
3,825	(10-69)	2,122	(20-99)
3,825	(00-69)	2,121	(20-109)
3,639	(50-79)	2,064	(10-99)
3,557	(60-89)	2,064	(00-99)
3,125	(70-99)	2,064	(10-109)
3,125	(70-109)	2,064	(00-109)
3,089	(40-79)		

produtividade por milímetro de lâmina d'água aplicada foi maior para os períodos de menor duração e menor para os períodos de maior duração.

A maior taxa de variação observada foi de + 11,514 kg/ha.mm para o período (20-39) dias. Este valor é menor que os valores observados para os períodos (60-69) dias, (50-59) dias e (40-49) dias, respectivamente, 15,846 kg/ha.mm, 13,866 kg/ha.mm e 11,596 kg/ha.mm, apresentados em Souza & Tubelis (1982). A menor taxa de variação foi de 2,064 kg/ha.mm, obtida para os períodos (10-99) dias, (00-99) dias, (10-109) dias e (00-109) dias. Ocorreu, portanto, uma variação de 767,7% na taxa de aproveitamento da água, quando se compara o aproveitamento no ciclo todo com o do período (60-69) dias. Este fato demonstra que a irrigação deve ser feita com critério durante todo o ciclo da cultura para obter boa produtividade. É nos períodos, em que ocorre a maior conversão de al-

tura de lâmina d'água em produtividade, que a irrigação se faz mais vantajosa financeiramente.

Combinando os valores dos incrementos de produtividade da Tabela 3 com os obtidos em Souza & Tubelis (1982), verifica-se que a irrigação deveria ser feita, em ordem decrescente de produtividade, nos seguintes períodos, considerados os seis melhores:

- (60-69) dias - primeira metade da floração
- (50-59) dias - emborrachamento
- (40-49) dias - perfilhamento
- (20-39) dias - crescimento das plantas
- (10-39) dias - desenvolvimento inicial e crescimento das plantas
- (00-39) dias - germinação ao crescimento das plantas

Os três primeiros períodos compõem o período crítico da cultura do trigo, com respeito às necessidades hídricas, determinado por Souza & Tubelis (1982), Ferreira Filho (1948) e Krug & Viégas (1938).

Segundo Krug & Viégas (1938), a baixa pluviosidade e a ausência de irrigação no período crítico comprometem irremediavelmente a produtividade da cultura. Como o período crítico envolve três fases distintas do ciclo vegetativo (perfilhamento, emborrachamento e primeira metade da floração), com diferentes taxas de conversão, deve-se dar preferência à irrigação suplementar no período de maior conversão, ou seja, na primeira metade do florescimento. A irrigação durante todo o período crítico, ou seja, no período (40-69) dias, faria com que o incremento de produtividade caísse para 5,476 kg/ha.mm, abaixo dos valores já considerados.

Incremento total de produtividade. Já ficou dito que as maiores taxas de conversão de lâmina d'água aplicada em produtividade ocorrem em períodos curtos. Nestes períodos, a altura de lâmina d'água que se pode aplicar é pequena. Aumentando-se a duração do período, aumenta-se a lâmina aplicável de água e diminui-se a taxa de conversão. Admitindo-se que o equipamento de irrigação permanece disponível durante todo o ciclo da cultura, é interessante saber que período propiciaria maior total de produção. Com este objetivo, calculou-se o incremento de produtividade para a aplicação de

1 mm de lâmina d'água, em cada dez dias de período. A Tabela 4 contém esses valores dispostos em função da data de término de período.

Para a mesma época de fim de período, o incremento de produtividade aumenta com o aumento de duração do período. Assim, para os períodos com término no 69.^o dia, o incremento de produtividade variou de 26,775 kg/ha.mm/10 dias, para o período (00-69) dias, a 15,652 kg/ha.mm/10 dias, para o período (50-69) dias. Enquanto a produtividade aumentou 11,123 kg/ha (26,775 - 15,652), o consumo de água aumentou 5 mm/ha (7 - 2). Dependendo do custo da irrigação e do valor do acréscimo de produtividade é que se poderá dizer qual das duas irrigações foi mais econômica.

Os períodos que apresentaram os maiores incrementos de produtividade, por milímetro de lâmina d'água aplicada em cada dez dias de período, foram: (00-39) dias, (00-59) dias e (00-49) dias, respectivamente, com 32,560 kg/ha; 27,210 kg/ha e 26,845 kg/ha.

Os períodos que apresentaram a menor taxa de variação de produtividade para o acréscimo de 1 mm na altura de lâmina d'água aplicada em cada dez dias do período considerado, foram: (70-79) dias e (70-89) dias, respectivamente, com 5,422 kg/ha e 8,094 kg/ha.

Produtividade e irrigação. Admitindo-se que se vai fazer o suprimento de água à cultura do trigo, do plantio até o 69.^o dia do ciclo vegetativo, pode-se estimar a produtividade da cultura, por exemplo, através da equação:

$$W = 82,4 + 3,825 H \text{ (00-69)}$$

contida na Tabela 2, na qual W é a produtividade de grãos de trigo (kg/ha) e H (00-69) a altura total de precipitação mais irrigação (mm) desde o plantio até o 69.^o dia.

A Tabela 5 contém a produtividade esperada da cultura do trigo para diferentes alturas de lâmina d'água aplicada por irrigação. Assumindo-se a produtividade de 850 kg/ha como satisfatória (Krug & Viégas 1938), verifica-se que haveria a necessidade de aplicação de 200 mm de altura de lâmina d'água, equivalente a 2,9 mm/dia.

O nível de produtividade da cultura, entretanto, não pode ser elevado indefinidamente. Ele poderá

TABELA 4. Incremento total de produtividade da cultura do trigo (kg/ha.mm/10 dias) para aplicação de 1 milímetro na altura de lâmina d'água em cada dez dias de período.

Incremento de produtividade	Período	Incremento de produtividade	Período
32,560	(00-39)	20,934	(00-89)
24,477	(10-39)	18,608	(10-89)
23,028	(20-39)	16,856	(20-89)
		15,126	(30-89)
26,845	(00-49)	13,480	(40-89)
21,476	(10-49)	12,304	(50-89)
18,855	(20-49)	10,671	(60-89)
14,910	(30-49)	8,094	(70-89)
11,596	(40-49)		
		20,640	(00-99)
27,210	(00-59)	18,576	(10-99)
23,350	(10-59)	16,976	(20-99)
20,264	(20-59)	15,302	(30-99)
17,583	(30-59)	13,890	(40-99)
15,066	(40-59)	12,910	(50-99)
13,866	(50-59)	11,508	(60-99)
		9,375	(70-99)
26,775	(00-69)		
22,950	(10-69)	22,704	(00-109)
20,740	(20-69)	20,640	(10-109)
18,472	(30-69)	19,089	(20-109)
16,428	(40-69)	17,488	(30-109)
15,846	(60-69)	16,205	(40-109)
15,652	(50-69)	15,492	(50-109)
		14,385	(60-109)
20,608	(00-79)	12,500	(70-109)
18,032	(10-79)		
16,116	(20-79)		
14,270	(30-79)		
12,356	(40-79)		
10,917	(50-79)		
8,868	(60-79)		
5,422	(70-79)		

se elevar até a condição em que a irrigação se torna igual à evapotranspiração potencial. Atingindo este limite, a produtividade poderá ser elevada com outras práticas agrícolas, como, por exemplo: adubação, melhores variedades e novas técnicas de cultivo e colheita.

Utilizando a fórmula anteriormente referida, para o cultivo do trigo no período maio-setembro, em Brasília (Silva et al. 1976), obter-se-ia uma produtividade média de 163 kg/ha, para o cultivo sem irrigação. Este valor está bem abaixo de 535,9 kg/ha, considerado não-econômico por Krug

& Viégas (1938). Para o cultivo, sem irrigação, no período de abril a setembro em Avaré, SP, condição climática que mais se aproxima da de Botucaçu, haveria uma produtividade média de 465 kg/ha, também abaixo do limite econômico de produtividade.

TABELA 5. Estimativa da produtividade da cultura do trigo (kg/ha) em função da altura de lâmina d'água aplicada (mm) no período do plantio até o 69^o dia do ciclo vegetativo.

Produtividade	Altura de lâmina d'água
178	25
273	50
369	75
465	100
560	125
656	150
751	175
847	200

CONCLUSÃO

1. A prática de irrigação foi capaz de aumentar até 4,7 vezes a produtividade da cultura do trigo, em anos de baixa precipitação pluvial no período vegetativo. A maior produtividade obtida foi de 1.174 kg/ha.

2. A produtividade final da cultura do trigo está correlacionada linearmente com a altura de lâmina d'água aplicada em períodos de diferentes durações. A inclusão das fases de pré-perfilhamento, pré-emborrachamento e ou primeira metade da floração, no período de cômputo de água aplicada, aumenta o coeficiente de correlação. A inclusão das fases de segunda metade da floração e ou grão leitoso provoca diminuição do coeficiente de correlação. A inclusão das demais fases do ciclo vegetativo pouco ou nada altera o coeficiente de correlação linear.

3. A produtividade da cultura do trigo pode ser estimada através de equações lineares simples, a partir do 40^o dia do ciclo da cultura. A equação que apresentou maior coeficiente de correlação linear (0,9110) foi:

$$W = 378,7 + 7,826 H \text{ (50-69)}$$

onde W é a produtividade da cultura em kg/ha e H (50-69) a altura de lâmina d'água aplicada no período 50 a 69 dias, expressa em mm.

4. A taxa de aumento da produtividade da cultura do trigo por milímetro de água aplicada é, de forma geral, inversamente proporcional à duração do período. A maior taxa, 11,514 kg/ha.mm, foi observada no período (20-39) dias. A taxa de aumento experimentou variações de 767,7% entre o maior e o menor valor observado.

5. Na mesma época de fim de período, o incremento de produtividade pelo aumento de aplicação de 1 mm de altura de lâmina d'água, em cada dez dias de duração do período, aumenta com o aumento da duração do período. Os maiores valores foram observados nos períodos (00-30) dias, (00-59) dias, (00-49) dias e (00-69) dias, respectivamente, de 32,560 kg/ha.mm/10 dias, 27,210 kg/ha.mm/10 dias, 26,845 kg/ha.mm/10 dias e 26,775 kg/ha.mm/10 dias.

6. Para uma cultura irrigada, da data do plantio até o 69^o dia, são necessários 200 mm de altura de lâmina d'água para obter uma produtividade de 850 kg/ha de grãos de trigo.

REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, H.V. de C. Aspectos da irrigação para a cultura de trigo no Estado de São Paulo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Campinas, Instituto Agrônômico, 1942. Anais... p.77-97.
- COQUEIRO, E.P.; SILVA, J. & ANDRADE, J.M.V. de. Competição de cultivares de trigo com irrigação em Sete Lagoas. *Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Brasília*, 8(7):115-9, 1973.
- COQUEIRO, E.P.; BRANDÃO, S.S. & SEDIYAMA, C.S. Comportamento de variedades de trigo em algumas localidades do Estado de Minas Gerais. *Experientiae, Viçosa*, 22(2):31-70, 1976.
- ESPINOZA, W.; SILVA, E.M. & SOUZA, O. Irrigação de trigo em solo de cerrado. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, 15(1):107-15, jan. 1980.
- FERREIRA FILHO, J.C. *Cultura do Trigo*. 2.ed. rev. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura - SIA, 1948. 53p.
- KRUG, C.A. & VIÉGAS, G.P. O trigo no Estado de São Paulo: contribuição da Seção de Genética. Campinas, Instituto Agrônômico, 1938. 55p. (Boletim Técnico, 48).
- MOTA, F.S. da. *Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil*. Pelotas, UFPEL, 1980. 21p. (Boletim Técnico, 3).

- SÁ, D.F. de. Efectos de la humedad del suelo y diversos niveles de nitrógeno en el rendimiento del trigo. Recife, SUDENE, 1966. 33p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v.1, 165p.
- SILVA, A.R. da; LEITE, J.C.; MAGALHÃES, J.C.A.J. & NEUMAIER, N. A cultura do trigo irrigado nos cerrados do Brasil Central. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1976. 70p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 1).
- SOUZA, F.G. de A. & TUBELIS, A. Determinação do período crítico de irrigação na cultura do trigo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(8):1193-8, 1982.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. Meteorologia descritiva, fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo, Ed. Nobel, 1980. 374p.