

DETERMINAÇÃO DO PERÍODO CRÍTICO DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO TRIGO¹

FERNANDO GOULART DE ANDRADE E SOUZA² e ANTONIO TUBELIS³

RESUMO - O trabalho teve como objetivo determinar os períodos críticos da cultura do trigo com respeito às necessidades hídricas. Foi feito um ensaio de irrigação em que se variou a duração do período de irrigação. Verificou-se que ocorrem dois períodos críticos antagônicos. Um, da fase de perfilhamento ao início da floração, que exige abundância de água, e outro, da segunda metade da fase de floração ao início do estágio de grão leitoso, em que a adição de água é prejudicial à produtividade. Calcularam-se equações de produtividade da cultura em função da água aplicada em períodos de dez dias. A equação que apresentou o maior coeficiente de correlação foi:

$$W = 362,4 + 13.866 P(50-59) \quad r = 0,9049$$

onde W é a produtividade de trigo em kg/ha e P(50-59) a água aplicada no período (50-59) dias, em milímetros. Analisou-se a variação de produtividade da cultura para o aumento de 1 mm na água aplicada. O maior valor de aumento de produtividade foi de 17,028 kg/ha.mm para o período (30-39) dias.

Termos para indexação: precipitação, necessidades hídricas.

DETERMINATION OF CRITIC PERIOD OF IRRIGATION ON WHEAT CROP

ABSTRACT - The scope of this work was to determine the critical periods of wheat crop with respect to water requirement. It is based on an experiment having duration of irrigation period as treatment. The wheat crop showed to have two antagonistic critical periods with respect to water supply. The first one, from affiliation up to first half of flowering stage, when the water supply is benefic to yield; and the other one, from the second half of flowering until before the milk stage, when the water supply is harmful to yield. Wheat crop yield equations as a function of applied water in periods of ten days, were calculated. The equation that showed the highest correlation coefficient was:

$$W = 362.4 + 13.866 P(50-59) \quad r = 0.9049$$

where W is the wheat yield in kg/ha and P(50-59) the applied water in the period (50-59) days, in millimeters. The variation of wheat yield per encrease of 1 millimeter in the applied water was analysed. The greatest value of variation was +17.028 kg/ha.mm to the (30-39) days period.

Index terms: precipitation, water needs.

INTRODUÇÃO

O trigo é um cereal de grande utilização na produção de alimentos de consumo generalizado por todas as classes sociais, em todo o mundo.

Sua cultura vem sendo aumentada no Brasil visando-se a auto-suficiência em produção. Recentemente está se expandindo na região Centro-Oeste, onde o período de estiagem coincide com a estação de cultivo deste importante cereal (Coqueiro et al. 1973, Espinoza et al. 1980, Mota 1980).

A produtividade, entretanto, fica na dependência das poucas e esparsas precipitações que ocorrem na estação seca.

A finalidade deste trabalho foi estudar o período crítico de irrigação da cultura do trigo com o objetivo de orientar a irrigação suplementar da cultura, para que bons índices de produtividade possam ser alcançados.

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 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.

¹ Aceito para publicação em 12 de maio de 1982

² Prof. Assist. do Dep. de Econ. Rural, Fac. de Ciências Agronômicas-UNESP, CEP 18600 - Botucatu, SP.

³ Prof. Adj. do Inst. de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto-UNESP, CEP 15100 - São José do Rio Preto, SP.

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. A irrigação era feita manualmente empregando-se regadores de crivo fino.

Definimento experimental. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 16 tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em variar a duração do período de irrigação suplementar que sempre se iniciava na data de plantio. O tratamento A1 recebeu irrigações suplementares ao longo de todo o ciclo da cultura. O tratamento testemunha foi o A16, que recebeu uma única irrigação suplementar na data de plantio. O tratamento A2 recebeu todas as irrigações suplementares, com exceção da última semana. O tratamento A3 não recebeu as duas últimas e assim por diante.

As precipitações pluviométricas ocorreram igualmente em todos os tratamentos.

Cada parcela tinha a dimensão de 4 m x 1 m, sendo constituída de cinco linhas espaçadas de 0,20 m. Colheram-se 3,50 m das três linhas centrais da parcela, equivalentes a 2,10 m² de área útil.

Análise estatística. O ciclo da cultura foi dividido em períodos de dez dias, num total de onze períodos distintos. Calculou-se a água aplicada, como sendo a soma da precipitação pluvial mais a irrigação suplementar, para cada período do ciclo vegetativo. Calcularam-se regressões lineares simples entre os totais de água aplicada em cada período, com a produtividade final de cada tratamento. O método de cálculo utilizado foi o dos quadrados mínimos. **Cultura.** A cultivar de trigo empregada foi a 'BH1146', cujas sementes foram adquiridas da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Esta cultivar é uma das recomendadas pelo Estado de São Paulo (Camargo 1967, Coqueiro et al. 1973). Empregou-se a densidade de semeadura de 100 kg/ha. Como trato cultural foi feita uma única capina no 33º dia após a semeadura.

RESULTADOS

Desenvolvimento da cultura. O ensaio desenvolveu-se sob razoáveis condições térmicas. A temperatura média do ar oscilou entre os limites de 16°C e 22°C, com uma média de 19°C para o ciclo vegetativo, bastante próximo do valor de 20°C, admitido como ótimo (Mota 1980). Em apenas seis dias, a temperatura mínima caiu abaixo de 5°C,

considerado como limiar térmico de crescimento da cultura.

A temperatura média no período de florescimento variou entre os limites de 18°C e 20°C, dentro do limite de 18°C e 24°C, considerado favorável (Mota 1980). A Fig. 1 mostra os valores das temperaturas médias, máxima, média e mínima, e das precipitações pluviárias ocorridas durante o ensaio de trigo em Botucatu.

No período de enchimento dos grãos a temperatura oscilou entre 21°C e 23°C, ligeiramente superior a 20°C. Como consequência, o período floração/maturação foi de 45 dias, bem próximo do limite inferior do intervalo de 30 a 80 dias, considerado favorável.

De maneira geral, a cultura, com exceção do período de granação, desenvolveu-se sob boas condições térmicas. O contratempo, ocorrido na granação, poderia ter sido evitado, fazendo-se a antecipação da data do plantio, em 30 dias ou mais, que é a época normal do plantio do trigo no Estado de São Paulo (Camargo 1967). Durante o período vegetativo da cultura, ocorreram apenas nove precipitações, num total de 67,4 mm, equivalente a uma precipitação média diária de 0,57 mm, bem abaixo

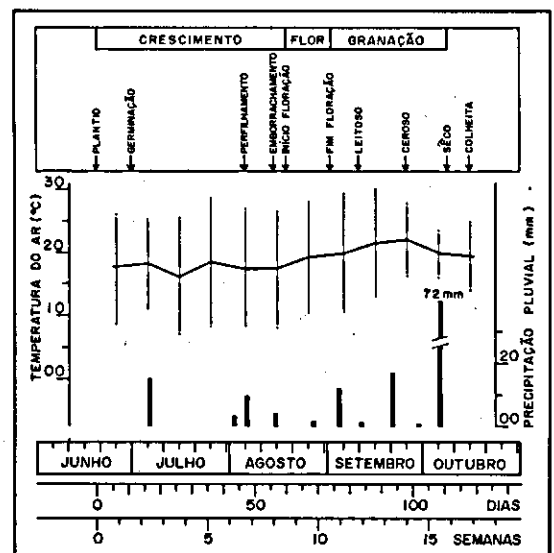


FIG. 1. Valores das temperaturas médias, máxima, média e mínima, e precipitações pluviárias ocorridas durante os ensaios de trigo em Botucatu, SP.

da necessidade de água da cultura, admitida como sendo de 150 a 180 mm para produtividade zero (Espinoza et al. 1980). A ausência de adubação e calagem, a baixa precipitação pluviométrica e a temperatura elevada durante o enchimento dos grãos contribuíram 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 de plantio.

A irrigação suplementar elevou substancialmente a produtividade da cultura, 1.174 kg/ha, embora fosse prejudicada pelas altas temperaturas durante a granação. As plantas tiveram bom desenvolvimento vegetativo, porém pequeno desenvolvimento de grãos. As melhores produtividades, entretanto, não alcançaram os altos índices de produtividade, observados em vários ensaios de irrigação desenvolvidos nas regiões Centro-Oeste e Nordeste (Coqueiro et al. 1973, Espinoza et al. 1980, Sá 1966).

O período vegetativo da cultura (plantio à colheita) foi de 118 dias, bem próximo do de 125 dias, observado em Sete Lagoas, MG (Coqueiro et al. 1973), e maior que o de 86 dias, observado em Mandacaru, BA (Sá 1966).

Produtividade da cultura. Os grãos de trigo, depois de limpos, foram secados em estufa a 60°C até peso constante. Os valores de produtividade média de cada tratamento, dispostos em ordem decrescente de grandeza, estão contidas na Tabela 1.

As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste Tukey. Constatou-se a existência de treze grupos distintos, conforme é mostrado na Tabela 1. Nela, os tratamentos assinalados com a mesma letra não apresentam diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade. Os melhores tratamentos observados foram A12 e A6, respectivamente com 1.174 kg/ha e 1.136,10 kg/ha. Em segundo lugar estão os tratamentos A6 e A7, este último com produtividade de 1.076,70 kg/ha. Os piores tratamentos foram A11 e A15, respectivamente com 316,30 kg/ha e 252,30 kg/ha.

Comparando-se a menor produtividade com a maior, verifica-se que a irrigação, por si só, foi capaz de aumentar a produtividade em 921,7 kg/ha o que equivale a um aumento de 465%.

A análise de variância do ensaio mostrou signi-

TABELA 1. Produtividade média de grãos (kg/ha) e significância dos tratamentos no ensaio de irrigação em cultura do trigo (BH 1146), em Botucatu, SP.

| Tratamento | Produtividade | Significância * |
|------------|---------------|-----------------|
| A2 | 1174,0 | a |
| A6 | 1136,1 | ab |
| A7 | 1076,7 | b |
| A1 | 935,9 | c |
| A5 | 886,3 | cd |
| A3 | 849,4 | cde |
| A8 | 762,1 | e |
| A4 | 647,4 | f |
| A12 | 593,8 | fg |
| A10 | 545,6 | gh |
| A14 | 493,1 | hi |
| A16 | 445,2 | ij |
| A9 | 390,4 | jk |
| A13 | 361,6 | jkl |
| A11 | 316,3 | lm |
| A15 | 252,3 | m |

* Valores assinalados com as mesmas letras não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

ficância, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste "F", tanto para tratamentos como para blocos. A produtividade média do ensaio foi 679,10 kg/ha, com desvio padrão de $\pm 30,50$ kg/ha e coeficiente de variações de 31,2%.

Tanto a significância para blocos, como o alto valor do coeficiente de variação se devem ao ataque de pássaros na fase de granação.

Período crítico de irrigação. Na Fig. 2, são mostrados os valores da produtividade final da cultura de trigo e os períodos de irrigação de cada tratamento.

Quando o período de irrigação suplementar terminou antes do estágio de perfilhamento das plantas, não afetou a produtividade final da cultura. Isto é mostrado pelas produtividades obtidas nos tratamentos A9, A10 etc . . . e A16, que se mostraram independentes da duração do período de irrigação. Estes resultados confirmam as afirmações de Ferreira Filho (1948).

O prolongamento do período de irrigação do es-

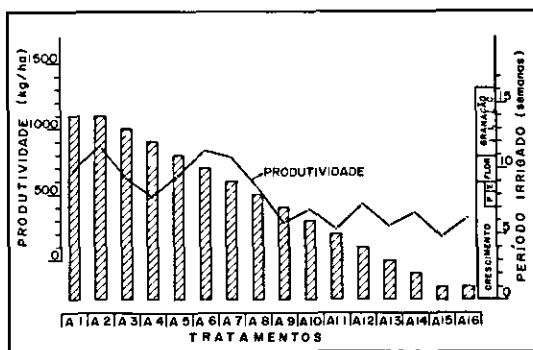


FIG. 2. Valores de produtividade e do período de irrigação da cultura de trigo em Botucatu, SP.

tágio de perfilhamento até a primeira metade do período de florescimento proporcionou sensíveis aumentos na produtividade final. Este fato é evidenciado pelos tratamentos A6, A7 e A8. Nesta fase, a produtividade foi diretamente proporcional à duração do período de irrigação suplementar. Ferreira Filho (1948) considera este o período crítico do trigo em relação à água, exigindo abundantes suprimentos de água.

O prolongamento da irrigação para a segunda metade do período de floração e antes da fase de grão leitoso provocou sensíveis reduções na produtividade final. Este fato é revelado pelos tratamentos A4, A5 e A6, em que a produtividade se mostrou inversamente proporcional à duração do período de irrigação.

O prolongamento do período de irrigação para além do estágio de grão leitoso mostrou que a produtividade passou a ser de novo diretamente proporcional à duração do período de irrigação. Isto é revelado pelas produtividades dos tratamentos A1, A2, A3 e A4.

As melhores produtividades foram obtidas com os tratamentos A6 e A2, respectivamente, quando os períodos de irrigação terminaram na primeira metade do florescimento e início da fase de grão ceroso. Tendo em vista que os tratamentos A2 e A6 apresentaram produtividades semelhantes e considerando o custo da irrigação, conclui-se que o melhor tratamento é o A6 por ter sido aplicada irrigação suplementar em menor quantidade e durante um menor período. Ele consistiu em irrigar

a cultura desde o plantio até a primeira metade da fase de floração.

Do ponto de vista da necessidade de água, a cultura de trigo mostrou-se indiferente à suplementação de água, quando feita somente antes da fase de perfilhamento, uma vez que existia água suficiente no solo para a germinação das sementes. A aplicação de irrigação no período entre o perfilhamento das plantas e a primeira metade do florescimento foi diretamente proporcional à duração do período de irrigação. Esta fase foi crítica para a cultura do trigo. Quanto mais água se aplicou maior foi a produtividade final. Outro período crítico igualmente importante foi a fase compreendida entre a segunda metade do florescimento e o início do estágio de grão leitoso. Nesta fase, a produtividade mostrou-se inversamente proporcional ao comprimento do período de irrigação: quanto maior foi o período de irrigação, menor a produção, indicando que ela não deveria ter sido feita. **Água aplicada e produtividade.** Os coeficientes de correlação simples entre o total de água aplicada em períodos de dez dias, e a produtividade final da cultura são mostrados na Fig. 3.

Seus valores mostraram-se significantes, ao nível de 5% de probabilidade, para períodos compreendidos entre o 20º e o 80º dia e para o período (90-100) dias. Valores significantes ao nível de 1%

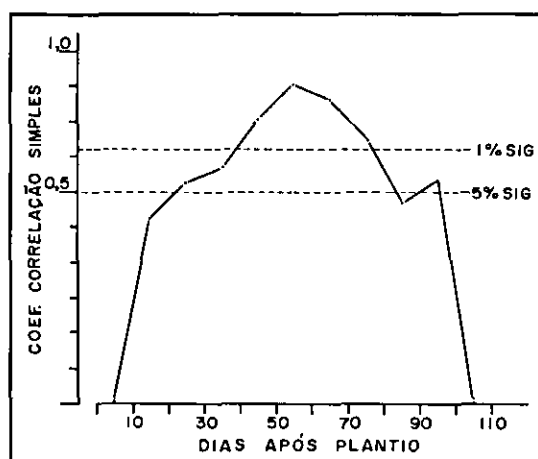


FIG. 3. Valores dos coeficientes de correlação simples entre a produtividade final da cultura de trigo e a altura de água aplicada em períodos de dez dias.

de probabilidade foram observados para os períodos compreendidos entre o 40º e o 80º dia após o plantio, que corresponde ao período desde uma semana antes do perfilhamento até o final da floração. O maior valor observado 0,9049 referiu-se ao período (50-59) dias, que corresponde à fase de perfilhamento das plantas. Comportamentos semelhante aos obtidos foram também observados em cultura de feijão, quando se correlacionou a precipitação ocorrida em diversas fases do ciclo vegetativo com a produtividade final (Arruda et al. 1980). **Equações de produtividade.** Foram calculadas equações lineares de regressão entre a produtividade final e a água aplicada, para os períodos em que a água aplicada mostrou-se correlacionada com a produtividade. Foram utilizadas dezesseis pares de valores para a determinação de cada equação. As equações obtidas estão contidas na Tabela 2, onde os valores entre parênteses se referem ao período em que foi aplicada água, expresso em número de dias após o plantio; W a produtividade da cultura de trigo, expressa em kg/ha e P a altura aplicada de água, expressa em milímetros.

O coeficiente linear destas equações representa a produtividade final da cultura em ausência de água aplicada no período considerado. Assim, a ausência de precipitação e irrigação suplementar no período (20-29) dias propiciaria uma produtividade de apenas 94,2 kg/ha. Se o mesmo fato ocorresse no período (70-79) dias, a produtividade seria de 471,9 kg/ha. Este fato revela que água aplicada assume importância diferente conforme a fase do ciclo vegetativo em que ocorre.

TABELA 2. Equações lineares de regressão entre a produtividade final da cultura de trigo (W) em kg/ha e a altura de água aplicada em diversos períodos do ciclo vegetativo (P) em mm e respectivos coeficientes de correlação (r).

| W = a + b . P | r | SIG |
|------------------------------|--------|-----|
| W = 362,4 + 13,866 P (50-59) | 0,9049 | 1% |
| W = 432,9 + 15,846 P (60-69) | 0,8629 | 1% |
| W = 292,6 + 11,596 P (40-49) | 0,7068 | 1% |
| W = 471,9 + 5,422 P (70-79) | 0,6538 | 1% |
| W = 460,1 + 17,028 P (30-39) | 0,5685 | 5% |
| W = 448,4 + 9,236 P (90-99) | 0,5332 | 5% |
| W = 94,2 + 15,545 P (20-29) | 0,5257 | 5% |

As equações obtidas podem ser usadas na estimativa da produtividade final da cultura em função do regime pluviométrico médio. Elas também podem ser usadas no cálculo da irrigação suplementar para obter níveis mínimos de produtividade. Para a região Centro-Oeste, onde a estiagem coincide com o período vegetativo, estas equações serão de inestimável valor prático.

Incrementos de produtividade e irrigação. O coeficiente angular das equações lineares de regressão entre a produtividade final da cultura de trigo e a água aplicada em determinados períodos do ciclo vegetativo, fornece a taxa de variação da produtividade para o aumento de 1 mm na altura de água aplicada.

Verificou-se que o maior índice de conversão água-produtividade ocorreu para o período (30-39) dias, sendo de 17,028 kg/ha para cada milímetro de água aplicada. Do ponto de vista econômico é nesta fase que se deveria dar preferência a aplicações de irrigações suplementares. A taxa de variação cai para 15,846 kg/ha mm, para o período (60-69) dias, e 15,545 kg/ha.mm, para o período (20-29) dias. Para o período (70-79) dias, a taxa é de apenas 5,422 kg/ha.mm. O aproveitamento da água aplicada no período (30-39) dias é, portanto, 314% maior que o do período 70-79 dias. Este fato mostra que a irrigação suplementar feita em determinadas fases do ciclo vegetativo da cultura é mais econômica que em outras. Preferencialmente a suplementação de água deveria ser feita durante os períodos de maiores incrementos positivos de produtividade.

CONCLUSÕES

- O comprimento do período de irrigação quando terminou antes da fase de perfilhamento das plantas não afetou a produtividade final da cultura. O prolongamento do período de irrigação:
 - do estágio de perfilhamento até a primeira metade do período de florescimento, provocou substancial aumento de produtividade;
 - para a segunda metade do período de floração e antes da fase de grão leitoso, provocou sensível redução de produtividade;
 - para além do estágio de grão leitoso, provocou sensível aumento de produtividade.

2. Foram dois os períodos críticos da cultura em relação à disponibilidade de água. No período do perfilhamento ao início da floração, houve necessidade de abundante suprimento de água. No período da segunda metade da floração até o início do estágio de grão leitoso, o suprimento de água foi prejudicial.

3. A produtividade da cultura mostrou-se correlacionada com a água aplicada nas diversas fases do ciclo vegetativo.

4. A maior taxa de aumento de produtividade por milímetro de água aplicada ocorreu no período (30-39) dias.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, F.B.; TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. Efeito da precipitação pluviométrica na produtividade do feijoeiro. *R. Centro Ci. Rurais*, 10(1): 49-60, 1980.
- CAMARGO, A.P. Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1967. 38p.
- COQUEIRO, E.P.; SILVA, J. & ANDRADE, J.M.V. de. Competição de cultivares de trigo com irrigação em Sete Lagoas. *Pesq. agropec. bras., Série Agron.*, 8:115-9, 1973.
- 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. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, 1948. 53p.
- MOTA, F.S. da. Clima e zoneamento para a tricultura no Brasil. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 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.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. do. *Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo, Ed. Nobel, 1980. 374p.