

## ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DE TRIGO USANDO MODELAGEM SIMPLIFICADA PARA A REGIÃO DE DOURADOS, MS.

Evandro Zanini RIGHI<sup>1</sup>, Rafael FERREIRA DA COSTA<sup>1</sup> e Valter BARBIERI<sup>2</sup>.

### RESUMO

Foi modelada a produtividade da cultura do trigo em função do déficit hídrico utilizando-se informações obtidas no triênio 1986/1988 em campanhas realizadas na região de Dourados, MS. As cultivares utilizadas foram BH 1146, BR 20-Guató, IAC 5-Maringá, IAC 13-Lorena e IAC 18-Xavantes. Os dados foram relacionados às condições meteorológicas características dos períodos estudados. Foram feitos modelos somatórios (*MS*) e modelos multiplicativos (*MM*) para cada cultivar e geral (*MM<sub>g</sub>*, *MS<sub>g</sub>*) (considerando todas as cultivares e anos) que foram comparados por regressões lineares ( $R^2$ ) e pelo coeficiente de Willmott ( $d$ ) os valores estimados com os valores observados. Os *MS* apresentaram um  $R^2$  e  $d$  mais elevado que os *MM*. Sendo mais adequados para estimar a produtividade do trigo na região de Dourados. Os modelos apresentaram problemas quando incluídos os dados do ano 1987 em que a produtividade ficou limitada pelas condições do solo álico. Entretanto, sem os dados de 1987 (ano mais chuvoso do período analisado), o *MM<sub>g</sub>* apresentou um  $R^2 = 0,73$  e  $d = 0,56$ , enquanto que no *MS<sub>g</sub>* o  $R^2 = 0,70$  e o  $d = 0,77$ .

Palavras chave: Trigo, modelagem, déficit hídrico.

### INTRODUÇÃO

De origem asiática, o trigo apresenta uma ampla adaptação, tem uma maior concentração de cultivo entre 20° e 55° de latitude norte e sul. Possui uma produtividade variável de menos de 1 t ha<sup>-1</sup> a 10 t ha<sup>-1</sup> sob irrigação na Europa (MOTA, 1982). Foi introduzido no Brasil pela região sul, devido o clima ser mais característico do local de sua origem. Ultimamente, esta situação vem sendo mudada, e hoje até mesmo em regiões quentes do país como a região Centro Oeste podem ser vistas lavouras de trigo. Entre os cereais, é o que dispõe de maior teor de proteínas. A pesquisa para o desenvolvimento tecnológico produziu variedades conforme a necessidade de consumo, 90% da produção são do tipo trigo farináceo (*Triticum aestivum*), 5% trigo duro (*Triticum durum*) utilizados na fabricação de massas, os 5% restantes são de outras variedades (MANFRON, 1992).

Em Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul, a recomendação de plantio do trigo é de 20 de março a 30 de abril, sendo cultivado nas estações de outono e inverno, por

---

<sup>1</sup> Mestrandos em Agrometeorologia. DCE/ESALQ/USP, Caixa Postal 09, CEP 13.418-970, Piracicaba, SP. E-mail: [ezrighi@carpa.ciagri.usp.br](mailto:ezrighi@carpa.ciagri.usp.br); [rfcosta@carpa.ciagri.usp.br](mailto:rfcosta@carpa.ciagri.usp.br)

<sup>2</sup> Dr., Professor Associado. DCE/ESALQ/USP, Caixa Postal 09, CEP 13.418-970, Piracicaba, SP. E-mail: [vbarbier@carpa.ciagri.usp.br](mailto:vbarbier@carpa.ciagri.usp.br)

exigência térmica da cultura, porém, em geral, a frequência e a intensidade das chuvas são baixas (aproximadamente 30% das chuvas que ocorrem durante o ano inteiro), o que pode comprometer a produtividade nesta região.

As cultivares de trigo produzidas no Brasil pertencem ao grupo denominado “Trigos de Primavera”, que têm um ciclo total de 100 a 130 dias não necessitando de frio para o desenvolvimento da espiga e são indiferentes ao fotoperíodo (DOOREMBOS & KASSAN, 1979). Como em qualquer cultura, a produtividade do trigo está intimamente relacionada às condições hídricas do solo. LARCHER (1975), relata que para a produção de 1 g de matéria seca em uma variedade de trigo foram necessárias 540 g de água. A suscetibilidade do trigo ao estresse hídrico depende da cultivar e do momento de sua ocorrência (FISHER & MAUER, 1978; DOOREMBOS & KASSAN, 1979). FARIAS *et al.* (1984), encontraram um maior consumo de água pelo trigo no início da emergência até o estágio farináceo do grão. Porém, se a água for limitante no período de polinização, o embrião é abortado reduzindo o número total de grãos produzidos e se ocorrer após a polinização, geralmente não ocorre aborto, mas o tamanho do grão pode ser reduzido devido ao encurtamento do período de enchimento de grãos (WESTGATE & PETERSON, 1993). LAZZAROTTO (1992), avaliando a produtividade em 5 cultivares de trigo em função da época de semeadura, em Dourados, MS, concluiu que as mesmas foram altamente sensíveis ao estresse hídrico na fase prefloral e os déficit hídricos iniciados após a floração não causaram redução significativa no rendimento de grãos. Avaliando o efeito do déficit hídrico MOREIRA (1997), determinou que houve prejuízo nos seguintes parâmetros agrônômicos; altura média das plantas, número de espigas por metro quadrado, número de semente por espiga, peso de 1000 grãos, enchimento dos grãos, índice de colheita e a produção de proteína.

O objetivo deste trabalho foi modelar a produtividade do trigo em função do déficit hídrico para a região de Dourados, MS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climatológicos utilizados neste trabalho foram coletados na EMBRAPA-MS (Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Dourados UEPAE/Dourados) (22° 14'S, 54° 49'W, 452m de altitude), com temperatura média anual de 23,3 °C, e precipitação média acima dos 1400 mm ano<sup>-1</sup>. As cultivares utilizadas como referência para as modelagens foram: BH 1146, BR 20-Guató, IAC 5-Maringá, IAC 13-Lorena e IAC 18-Xavantes, cultivadas no triênio 1986/1988, constando de 5 épocas de semeadura: 20 de março, 10 e 30 de abril, 20 de maio e 10 de junho. Os dados fenológicos e de produtividade foram obtidos em LAZZAROTTO (1992). Para a elaboração dos modelos foram utilizadas as seguintes datas de semeadura: 10 e 30 de abril e 20 de maio. As outras épocas foram desconsideradas devido falhas nas coletas de alguns anos (primeira de 1987/88 e quinta de 1986).

Fez-se o balanço hídrico decendial pelo método de THORNTHWAITE (1948) para os 3 anos. A capacidade de água disponível (CAD) utilizada foi de 30 mm, devido ao solo ser álico com compactação subsuperficial.

Como não foi determinada a produção com irrigação (sem restrição de água), a produção potencial foi estimada pelo método proposto por DOOREMBOS & KASSAN (1979), FAO-33.

Foram utilizadas duas metodologias de modelagem: modelo somatório (*MS*) e o modelo multiplicativo (*MM*) em função da deficiência hídrica. Os modelos foram obtidos com regressões múltiplas em que as variáveis independentes foram a razão entre a evapotranspiração real (*E<sub>ta</sub>*) e a potencial (*E<sub>tp</sub>*) em dois subperíodos da cultura (emergência - espigamento e espigamento - maturação) e a variável dependente foi obtida pela razão entre a produção observada (*Y<sub>r</sub>*) e potencial (*Y<sub>m</sub>*). Foram obtidos modelos para cada cultivar, sem distinção de ano ou época de semeadura e um modelo chamado geral no qual se utilizou todos os dados.

As estimativas obtidas pelos modelos foram comparados com os valores observados de produção por meio dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de Willmott (*d*). Devido a observação de estimativas não consistentes para o ano de 1987, fez-se o último procedimento sem os dados deste ano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 estão apresentados os balanços hídricos do período (do dia 93 a 275 de cada ano) de experimento do triênio 1986/88 para Dourados, MS. Nos 3 anos observou-se déficit hídrico durante o período de cultivo, tendo importância na produtividade. O ano de 1987 foi o ano mais chuvoso com 559 mm precipitados durante o período de cultivo, contra 505 mm em 1986 e 327 mm em 1988 (tabela 1), apresentando melhores condições para o desenvolvimento da cultura. 1988 foi o ano de maior déficit hídrico. Em 1986 houve déficit hídrico do início ao meio do período do experimento e em 1987 e 1988 do meio para o final.

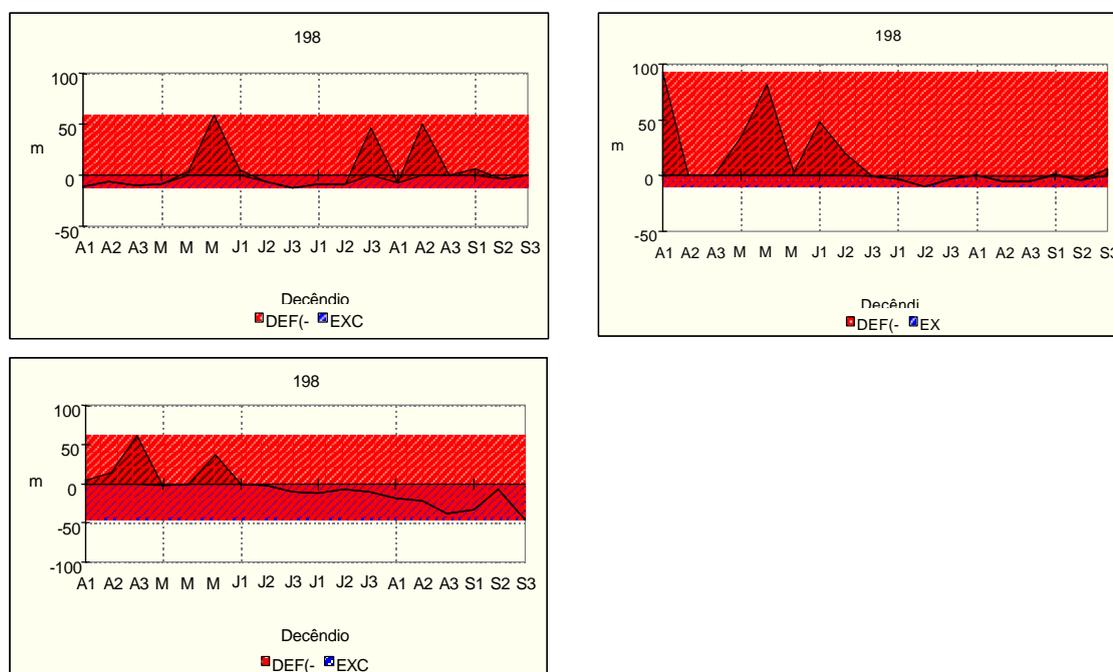


Figura 1: Balanço hídrico nos períodos de cultivo do trigo (dias julianos de 93 a 275) no triênio 1986/1988 para a região de Dourados, MS.

Tabela 1. Valores de precipitação (mm) registrados na região de Dourados (MS), durante o período de cultivo do trigo (do dia 93 a 275), durante todo o ano, e o percentual da chuva do período de cultivo em relação ao ano inteiro.

Ano	1986	1987	1988
Cultivo do trigo	505	559	327
No ano inteiro	1497	1632	1111
% (cultivo/ano)	33,7	34,3	29,4

Os modelos obtidos para estimativa da produtividade em função do déficit hídrico são apresentados na tabela 2. Observa-se que os coeficientes foram sempre maiores no primeiro termo da equação que corresponde ao primeiro subperíodo da cultura (germinação - espigamento) demonstrando ser este o mais sensível ao estresse hídrico. Segundo MOREIRA (1997), o estresse hídrico causa redução na eficiência da utilização da radiação, sendo prejudicial em qualquer fase, mas observou ter o trigo maior sensibilidade ao estresse na fase de perfilhamento. Estes resultados concordam com os obtidos por FARIAS *et al.* (1984) e LAZZAROTO (1992) também com trigo.

Tabela 2: Modelos somatório (MS) e multiplicativo (MM) para calcular a produtividade estimada (Ya) de cada variedade de trigo.

Cultivar	MS
BH1146	$Y_a = (0,5335 * (E_{ta}/E_{tp}) + 0,0108 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,1891) * Y_m$
BR20	$Y_a = (0,6511 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,0159 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,2877) * Y_m$
IAC5	$Y_a = (0,5083 * (E_{ta}/E_{tp}) + 0,0346 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,1898) * Y_m$
IAC13	$Y_a = (0,3522 * (E_{ta}/E_{tp}) + 0,0584 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,0913) * Y_m$
IAC18	$Y_a = (0,5193 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,0164 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,1845) * Y_m$
Geral	$Y_a = (0,5098 * (E_{ta}/E_{tp}) + 0,0114 * (E_{ta}/E_{tp}) - 0,1845) * Y_m$

Cultivar	MM
BH1146	$Y_a = ((E_{ta}/E_{tp})^{1,3977} * (E_{ta}/E_{tp})^{0,1058} * 0,3043) * Y_m$
BR20	$Y_a = ((E_{ta}/E_{tp})^{2,1037} * (E_{ta}/E_{tp})^{0,0495} * 0,2942) * Y_m$
IAC5	$Y_a = ((E_{ta}/E_{tp})^{1,5685} * (E_{ta}/E_{tp})^{0,1306} * 0,3165) * Y_m$
IAC13	$Y_a = ((E_{ta}/E_{tp})^{0,8463} * (E_{ta}/E_{tp})^{0,0707} * 0,2447) * Y_m$
IAC18	$Y_a = ((E_{ta}/E_{tp})^{1,5613} * (E_{ta}/E_{tp})^{0,0836} * 0,2767) * Y_m$
Geral	$Y_a = ((E_{ta}/E_{tp})^{1,4838} * (E_{ta}/E_{tp})^{0,0872} * 0,2845) * Y_m$

Foram calculados os coeficientes  $R^2$  e  $d$ , entre os valores observados e estimados. Quando o ano de 1987 foi desconsiderado na estimativa da produtividade, tanto  $R^2$  quanto o  $d$  tiveram resultados melhores. As cultivares BH1146 e IAC18 obtiveram um  $R^2 = 0,86$ , e a cultivar IAC5 obteve um  $d = 0,63$  (tabela 3). Ao observar a distribuição e quantidade de precipitação, viu-se que em 1986, mesmo sendo um ano chuvoso, o déficit ocorreu no primeiro subperíodo da cultura, o mais sensível ao déficit hídrico como pôde ser visto nos modelos.

Tabela 3: Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de Willmott ( $d$ ) entre os valores observados e estimados pelos modelos somatório ( $MS$ ) e multiplicativo ( $MM$ ).

Cultivar	$MS$		$MS^*$		$MM$		$MM^*$	
	$R^2$	$d$	$R^2$	$d$	$R^2$	$d$	$R^2$	$d$
BH1146	0,18	0,48	0,81	0,79	0,15	0,37	0,86	0,57
BR20	0,23	0,56	0,81	0,83	0,21	0,45	0,84	0,62
IAC5	0,19	0,50	0,75	0,78	0,17	0,44	0,75	0,63
IAC13	0,09	0,32	0,58	0,74	0,08	0,20	0,61	0,48
IAC18	0,18	0,48	0,76	0,77	0,15	0,36	0,86	0,56
Geral	0,16	0,46	0,70	0,77	0,15	0,36	0,73	0,56

\*Valores obtidos sem considerar o ano de 1987.

O ano de 1987 teve uma melhor distribuição das chuvas ao longo do período de cultivo e mais concentradas no início do experimento, propiciando uma melhor produtividade. Porém, além do solo no local do experimento ser álico e compactado, possivelmente ocorreu algum outro problema com a cultura que não foi detectado no trabalho, pois a produtividade foi muito baixa neste ano. Entretanto, se tivesse sido determinada a produtividade potencial a campo, sem déficit hídrico, os modelos obtidos teriam melhores resultados, pois a produtividade potencial foi determinada levando-se em consideração somente a variação da insolação, temperatura e índice de área folhar, admitindo-se como ideais os outros fatores determinantes da colheita.

Sem os dados do ano de 1987, o  $R^2$  para a cultivar BH-1146 foi o que mais melhorou em relação àquele utilizando todos os dados, ou seja, provavelmente, das cultivares estudadas, esta foi a mais sensível às condições adversas durante o experimento no ano de 1987. Ainda na tabela 3 pode-se visualizar um  $R^2$  e  $d$  superiores para o modelo somatório em todos os casos, exceto quando desconsiderado o ano de 1987, quando  $R^2$  foi maior para o modelo multiplicativo, podendo-se afirmar que os modelos somatórios são os mais indicados para a estimativa da produtividade do trigo. Os modelos gerais tiveram um desempenho semelhante aos específicos da cultivar, tanto para  $R^2$  quanto para  $d$ , podendo ser utilizados com mais segurança devido terem sido calculados com um número maior de dados.

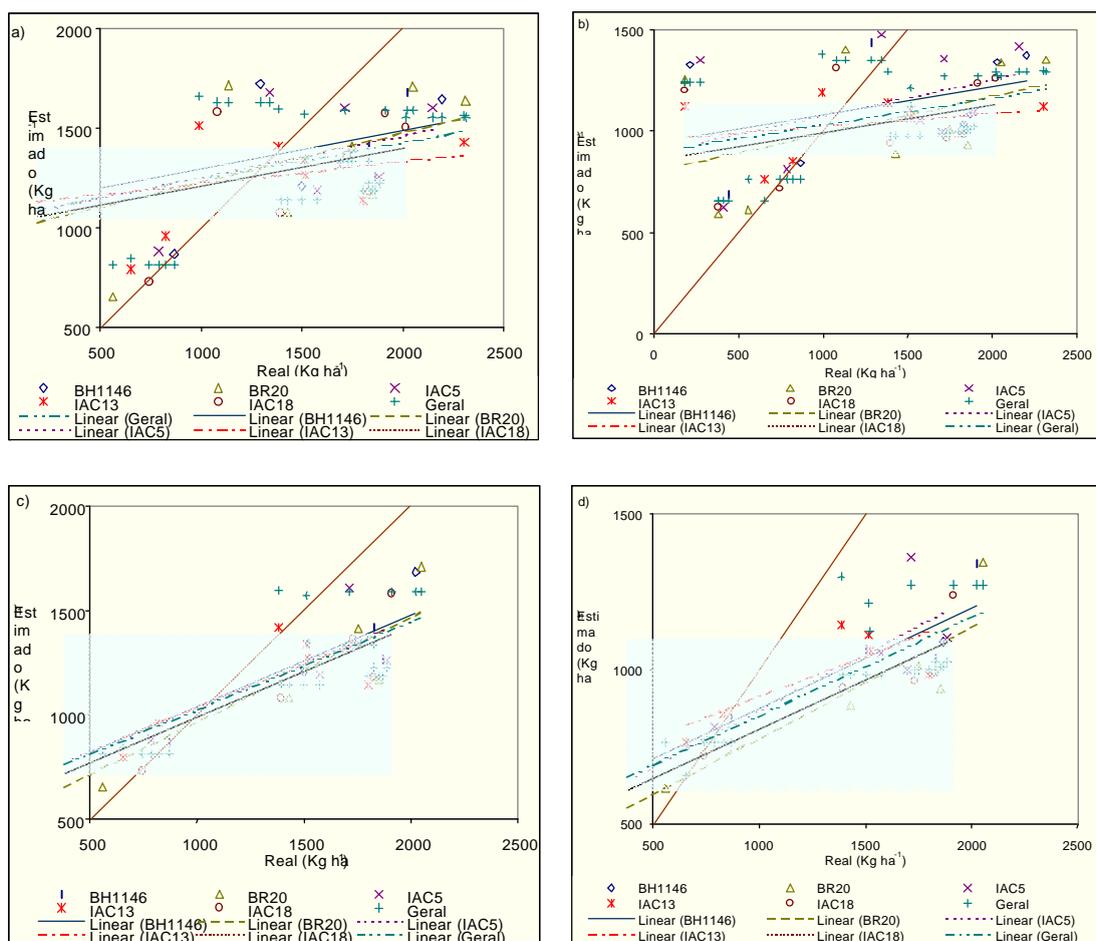


Figura 2: Correlação entre produtividade observada e estimada pelos modelos obtidos com todos os dados: a) modelo somatório considerando 1987; b) modelo multiplicativo considerando 1987; c) Modelo somatório desconsiderando 1987 e d) modelo multiplicativo desconsiderando 1987.

## CONCLUSÕES

Os modelos somatórios apresentaram-se mais adequados para estimar a produção das cultivares de trigo estudadas em Dourados, MS.

Os modelos gerais podem ser utilizados para estimar a produção das cultivares de trigo com boa segurança.

A cultivar BR-20 foi a que apresentou melhores resultados. No MS foi de  $R^2 = 0,23$  e  $d = 0,56$ . No MM foi de  $R^2 = 0,21$  e  $d = 0,45$ . Eliminando-se o ano mais chuvoso (1987), as cultivares BH1146 e IAC18 apresentaram o melhor  $R^2 = 0,86$ , e o  $d = 0,56$  no MM, e no MS de  $R^2 = 0,81$ , e o  $d = 0,79$ .

Outros experimentos devem ser realizados obtendo a produção potencial a campo a fim de obter resultados mais reais.

## BIBLIOGRAFIA

- DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H., 1979. **Yield Response to Water**. Rome Food and Agriculture Organization of the United Nations, 193 p. (FAO – Plant Production and Protection, paper 33).
- FISHER, R.; MAUER, R., 1978. **Drought Resistende in Spring Wheat cultivars. Grain Yield Response**. Australian Journal of Agricultural Research, East Melbourne, 29 (5): 897-912.
- LARCHER, W., 1975. **Physiological Plant Ecology**. Translated by M. A. Bederman. Thorson. Berlin; New York. Springer-Verlag, 252 p.
- LAZZAROTTO, C., 1992. **Avaliação da Produtividade da Cultura do Trigo (*Triticum aestivum*, L. Thele), em Função da Época de Semeadura, na Região de Dourados, MS**. Piracicaba, 71 p.. (Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP).
- MANFRON, P.A., 1992. **Avaliação fisiológica de duas cultivares de trigo (*Triticum aestivum*, L. Thele) sob estresse hídrico**. Piracicaba, 97 p. (Tese de Doutorado, ESALQ/USP).
- MOREIRA, M. A., 1997. **Déficit Hídrico na cultura do trigo e o impacto na resposta espectral e em parâmetros agronômicos**. Piracicaba, 142 p. (Tese de Doutorado, ESALQ/USP).
- MOTA, F.S., 1982. **Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil**. In: OSÓRIO, E.A. **Trigo no Brasil**. Campinas, SP. Fundação Cargil, v.1, 27-61.
- THORNTHWAITE, C. W. , 1948. **An Approach Toward a Regional Classification on Climate**. Geographical Review, v. 28, p. 55-94.
- WESTGATE, M. E.; PETERSON, P. M., 1993. **Flower and Pod Development in Water Deficient Soybeans (*Glycine max*, L. Mur.)**. Journal of Experimental Botany, 44 (258): 109-117.