

# AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE MILHO (*Zea mays* L.) SOB CONDIÇÕES DE TRÊS REGIMES HÍDRICOS EM SETE LAGOAS, MG

Denise de Freitas Silva<sup>1</sup>, Tales Antônio Amaral<sup>2</sup>, Camilo L.T. Andrade<sup>3</sup>, Paulo Cesar Magalhães<sup>3</sup>, Paulo Emílio Pereira de Albuquerque<sup>3</sup>, Reinaldo Lúcio Gomide<sup>3</sup>, Samira Gabriela Almeida Araujo<sup>4</sup>.

## Resumo:

O rendimento de grãos de milho pode ser afetado pelo déficit hídrico, especialmente se ocorrer em algumas fases críticas a cultura como pré-florescimento e enchimento de grãos. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil, para avaliar, entre outras coisas, os efeitos de diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade de grãos de milho e seus componentes. O híbrido triplo BRS 1010 foi plantado em uma área dotada de uma bateria de nove lisímetros, utilizando um sistema de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,9 m e 60 mil plantas por hectare. A adubação consistiu de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O + Zn (5-20-20-0,5) aplicado no sulco da semeadura e 45 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio aplicado em cobertura aos 36 dias após plantio (DAP) e 99 kg ha<sup>-1</sup> de N, como uréia, aos 46 DAP. O experimento foi irrigado utilizando um sistema de aspersão fixo. Uma planilha eletrônica foi utilizada para calcular o balanço hídrico no solo e manejar a irrigação, indicando o momento e a lâmina líquida de irrigação a ser aplicada. Após o estabelecimento da cultura foram aplicados três tratamentos de irrigação: M1 - Reposição de 100% da ETc; M2 - Reposição de 120 % da ETc e M3 - Reposição de 70% da ETc. Monitorou-se a umidade no perfil do solo, empregando-se o método gravimétrico. Foram colhidas plantas dentro da área do lisímetro para calcular o rendimento de grãos e seus componentes. Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso com três repetições. As médias foram comparadas utilizando método estatístico. A média do rendimento de grãos foi baixa em comparação com o potencial da cultivar e com outros ensaios, como consequência de doenças das culturas e, possivelmente baixo estande final. O excesso de irrigação causou menor efeito sobre o rendimento da cultura do milho do que déficit. Tanto o excesso, quanto o déficit de água no solo afetaram o rendimento e seus componentes, reduzindo do número de grãos por espiga, por planta e por área, e o índice de colheita.

**Palavras-chave:** produção de grãos, irrigação, manejo.

## Summary

Maize grain yield can be affected by water deficit, specially if it occurs in some critical stages as pre-flowering and grain filling. A trial was carried out in Sete Lagoas, MG, Brazil to evaluate, among other things, the effect of different irrigation depths on maize grain yield and yield components. The cultivar BRS 1010 was planted in an area with a set of nine lysimeters, using a no-tillage system, with 0,9m row spacing and 60 thousands plants per hectare. Fertilization consisted of 300kg ha<sup>-1</sup> of a 5-20-20-0,5 (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O + Zn) formula, applied at planting, plus 45kg ha<sup>-1</sup> of N, as ammonium sulfate, side-dressed at 36 days after planting (DAP) and 100kg ha<sup>-1</sup> of N, as urea side-dressed at 46 DAP. The trial was sprinkler-irrigated using a solid-set sprinkler system. An electronic spreadsheet was used to calculate the soil-water balance in order to manage the irrigation indicating the application moment and the net irrigation depth. Three irrigation treatments were applied after crop establishment: M1 - 100% crop evapotranspiration Etc replenishment; M2 - 120% ETc replenishment, and M3 - 70% Etc replenishment. Soil-water was monitored using the gravimetric method. Plants inside lysimeter area were harvested and processed to compute grain yield and yield components. Treatments were delineated as random blocks with three replications. Means were compared with a statistical method. Average grain yield were low as compared to the cultivar potential and to other trials, as a consequence of crop diseases and maybe low final stand. Overirrigation causes smaller effect on crop yield than deficit irrigation. Both excess and deficit soil-water affected yield and its components, reducing the number of grain per ear, per plant and per ground area, and the harvest index.

**Keywords:** grain production, irrigation, management

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, DSc Recursos Hídricos e Ambientais, Bolsista PNPd/CNPq, [denisefreitassilva@oi.com.br](mailto:denisefreitassilva@oi.com.br);

<sup>2</sup> Biólogo, MSc Fisiologia Vegetal, Bolsista Fapemig, [tales\\_aamaral@yahoo.com.br](mailto:tales_aamaral@yahoo.com.br);

<sup>3</sup> Pesquisador EMBRAPA Milho e Sorgo, [camilo@cnpmis.embrapa.br](mailto:camilo@cnpmis.embrapa.br), [pccesar@cnpmis.embrapa.br](mailto:pccesar@cnpmis.embrapa.br), [emilio@cnpmis.embrapa.br](mailto:emilio@cnpmis.embrapa.br), [gomide@cnpmis.embrapa.br](mailto:gomide@cnpmis.embrapa.br);

<sup>4</sup> Graduanda Eng. Ambiental, Bolsista EMBRAPA Milho e Sorgo, [samiragabiaraujo@yahoo.com.br](mailto:samiragabiaraujo@yahoo.com.br)

## Introdução

Entre as culturas de interesse econômico para o Brasil, destaca-se a de milho (*Zea mays* L.), a qual assume relevante papel socioeconômico e constitui-se em matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2000).

O milho é um produto estratégico utilizado tanto na nutrição humana quanto na alimentação animal. O Brasil, com uma produtividade que vem crescendo cerca de 4% ao ano, é o quarto maior produtor de milho, superado apenas pelos Estados Unidos, China e União Européia que, juntos, representam 67% da produção mundial (AGRIANUAL, 2008). Minas Gerais é o segundo maior produtor de milho do país, com uma produção de 5,36 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2008).

Torna-se importante conhecer o efeito da deficiência hídrica nos estádios de desenvolvimento das plantas de milho. Na planta, tanto o crescimento quanto o desenvolvimento e a translocação de fotoassimilados encontram-se ligados à disponibilidade hídrica do solo (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2000).

O uso racional da água na agricultura requer um esforço renovado da pesquisa e dos processos de transferência de tecnologia devendo ser incrementado por fatores econômicos e ambientais (PEREIRA et. al, 2002).

Segundo ANDRADE & BRITO (2007), além do efeito direto da disponibilidade de água para as plantas, outros fatores que contribuem para que a irrigação proporcione um aumento na produtividade da cultura, entre os quais o uso mais eficiente de fertilizantes, a possibilidade de emprego de uma maior densidade de plantio e de genótipos que respondam melhor à irrigação.

Existe uma grande demanda por informações a respeito do efeito da irrigação na cultura do milho, visando maior controle sobre as variáveis influentes na produção, tanto em pequena como em grande escala. Com isso objetivou-se com este trabalho analisar os efeitos de três diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade do milho.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG, (latitude 19° 27' 17 S, longitude 44° 10' 19 W e altitude 731 m). O clima do local é classificado, segundo Köppen (OMETTO, 1981), como Aw, de savana tropical com inverno seco e temperatura média do mês mais frio maior que 18°C. A temperatura média anual nos últimos 60 anos é de 22,1°C e a amplitude térmica de 5°C. A precipitação pluvial média anual é de 1300 mm, com a estação chuvosa bem definida, ocorrendo a precipitação máxima em dezembro (média de 290 mm) e a mínima em agosto (menos de 8 mm). O solo representativo do sítio é classificado como Latossolo Vermelho, distrófico, textura muito argilosa (ALBUQUERQUE et al., 2005).

O plantio do híbrido triplo BRS 1010 foi realizado no período de seca em uma área de aproximadamente um hectare, onde está instalada uma bateria de nove lisímetros de drenagem (ANDRADE e ALVARENGA, 2000). Empregou-se um espaçamento de 0,90 m entre fileiras e uma população de plantas, após a emergência, de 60 mil plantas por hectare. Foi utilizado o sistema de plantio direto. Na data de colheita a população foi de 43 mil plantas por hectare para o

manejo 1, 42 mil plantas por hectare para o manejo 2 e 33 mil plantas por hectare para o manejo 3.

A adubação consistiu de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O + Zn (5-20-20-0,5) aplicado no sulco da semeadura e 45 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio aplicado em cobertura aos 36 dias após plantio e 99 kg ha<sup>-1</sup> de N, como uréia, aos 46 dias após plantio. Empregou-se um sistema de aspersão convencional fixo, dotado de aspersores setoriais escamoteáveis, para irrigar a cultura de forma complementar às chuvas. O manejo da irrigação foi realizado empregando-se uma planilha eletrônica (ALBUQUERQUE & ANDRADE, 2001), na qual diariamente eram incluídos dados de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), estimados pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), e de precipitação. Dai estimam-se o momento de irrigar e a lâmina líquida de água requerida pela cultura. Até a emergência total das plantas, as irrigações foram iguais em todos os lisímetros. Após este período foram diferenciados os três regimes hídricos: M1 – Reposição de 100% da Evapotranspiração da Cultura (ET<sub>c</sub>); M2 – Reposição de 120 % da ET<sub>c</sub> e M3 – Reposição de 70% da ET<sub>c</sub>.

O armazenamento de água no solo na camada de 0 a 0,50 m foi determinado utilizando-se os dados de umidade do solo. Monitorou-se a umidade no perfil do solo, empregando-se o método gravimétrico, coletando-se semanalmente fora dos lisímetros, amostras nas camadas de 0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,30; 0,30 a 0,50; 0,50 a 0,70; 0,70 a 0,90 e 0,90 a 1,10 m.

Na colheita, as plantas das quatro fileiras de dois metros de comprimento dentro do lisímetro foram coletadas, totalizando uma área útil de 7,2 m<sup>2</sup>. Amostras de grãos foram processadas e levadas à estufa à 65°C por 72 h, para posterior determinação do peso seco de grãos, em kg ha<sup>-1</sup>. Parte das amostras de grãos foi separada para a determinação da umidade e peso de 100 sementes, visando ajuste do peso seco de grãos para 13% de umidade. Foram avaliados o número de grãos m<sup>-2</sup>, número de grãos por planta, número de grãos por espiga e o índice de colheita (IC) foi calculado dividindo-se o peso seco de grãos pelo peso seco da fitomassa aérea das plantas.

Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias. Na análise de variância empregou-se o teste F a 5% de probabilidade. Como não houve interação entre os fatores, foram apresentadas e discutidas as médias. As médias dos dados de produção de grãos e componentes da produção foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontram-se valores médios de peso de grãos corrigido para 13% de umidade e fitomassa da parte aérea das plantas, para cada estratégia de irrigação.

**Tabela 1.** Peso de grãos corrigido para 13% e de fitomassa aérea de plantas, da cultivar de milho BRS 1010, submetida a diferentes lâminas de irrigação

Tratamento	Peso (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Grão	Fitomassa Aérea
Manejo 1 (100% ETc)	4.605 b	9.914 b
Manejo 2 (120% ETc)	4.754 b	13.903 b
Manejo 3 (70% ETc)	1.929 a	8.178 a
CV (%)	14,45	17,49

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a análise estatística realizada, não houve diferença significativa ( $P < 0,5$ ) na produtividade de grãos e produção de fitomassa aérea, entre os tratamentos M1 e M2. A média dos tratamentos M1 (4.605 kg ha<sup>-1</sup>) e M2 (4.754 kg ha<sup>-1</sup>) estão acima da média nacional que é de 3.040 kg ha<sup>-1</sup> e da média do estado de Minas Gerais que é de 4.210 kg ha<sup>-1</sup> para o ano agrícola de 2006, e o tratamento M3 (1.929 kg ha<sup>-1</sup>) ficou abaixo dessas médias. Um aumento de 20% na lâmina de água requerida causou pouco mais de 3% de decréscimo no rendimento de grãos de milho, enquanto uma redução de 30% na lâmina proporcionou uma redução de quase 60% na produtividade de grãos.

Embora tenha sido observado o efeito do estresse hídrico na produção de grãos e fitomassa, as produtividades médias observadas estão muito abaixo do potencial produtivo do híbrido simples e também abaixo das produtividades obtidas em outros estudos (PARIZI, 2007), envolvendo irrigação. Possivelmente, outros fatores afetaram a produção de fitomassa e de grãos de milho. Vale lembrar que não foi realizado controle de doenças neste ensaio. E a população de plantas na data de colheita foi baixa.

Analisando-se os dados de armazenamento de água na camada de 0 a 0,5 m, observa-se que no tratamento M2 a umidade média do perfil do solo esteve quase sempre acima do limite superior de água disponível (capacidade de campo) como consequência do excesso de irrigação (Figura 01). No tratamento M1 o armazenamento de água oscilou entre a capacidade de campo e 50% da água disponível, o que é adequado para a cultura do milho. Já no tratamento M3, a cultura foi submetida a um estresse severo na fase de enchimento de grãos, o que afetou a produtividade final de grãos.

Na Figura 1 apresenta-se o armazenamento de água no solo na profundidade de 0 a 0,50 m para todos os tratamentos, bem como a capacidade de campo (CC), e o ponto de murcha (PM).

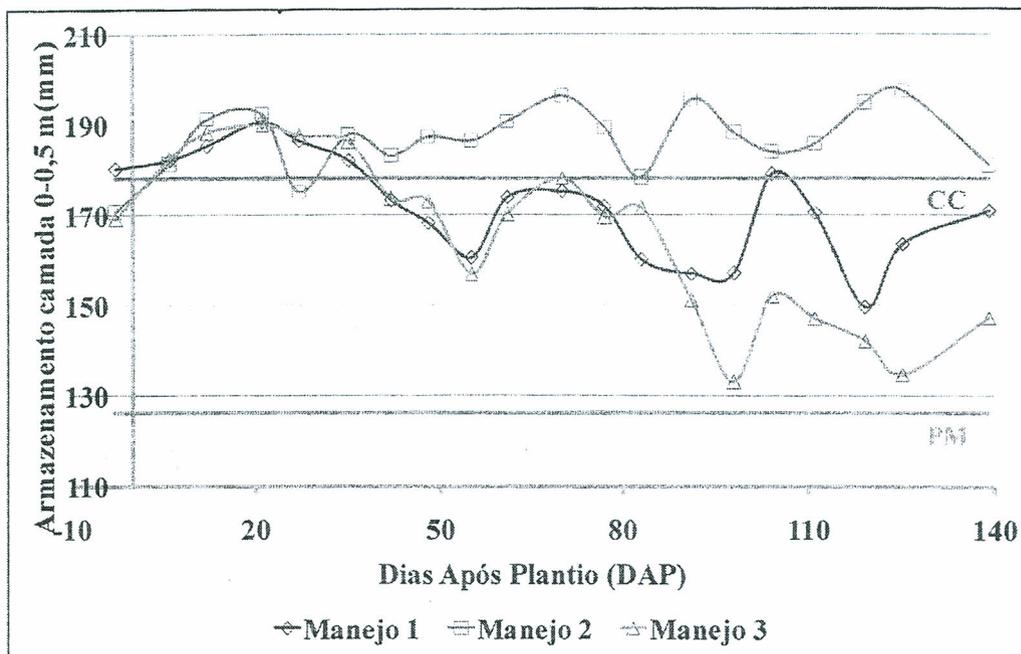


Figura 1. Armazenamento de água na camada de 0 a 0,5 m do perfil do solo, limite superior (capacidade de campo, CC) e inferior de água disponível (ponto de murcha, PM).

O manejo adequado e a lâmina de água a ser aplicada, sobretudo nas fases críticas da cultura, como florescimento e enchimento de grãos, são fatores importantes a serem considerados, pois, podem ocorrer reduções de produtividades, devido à falta ou excesso de água.

Apresentam-se na Tabela 2 o número de grãos  $m^{-2}$ , grãos planta $^{-1}$ , grãos espiga $^{-1}$  e índice de colheita (IC), para cada estratégia de irrigação.

Tabela 2. Número de grãos  $m^{-2}$ , grãos planta $^{-1}$ , grãos espiga $^{-1}$  e índice de colheita (IC), da cultivar de milho BRS 1010, submetida a diferentes lâminas de irrigação

Tratamento	Grãos $m^{-2}$	Grãos Planta $^{-1}$	Grãos Espiga $^{-1}$	IC
Manejo 1 (100% ETc)	1.392 b	230 b	92,25 b	0,47 b
Manejo 2 (120% ETc)	1.142 b	191 b	76,26 b	0,34 ab
Manejo 3 (70% ETc)	528 a	114 a	36,42 a	0,25 a
CV (%)	18,57	14,07	17,86	17,94

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se uma redução no número de grãos por espiga, por planta e por área, e no índice de colheita, como consequência do excesso e da deficiência de água no solo (Tabela 2). O índice de colheita (IC), que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca da parte aérea da planta, sintetiza estes efeitos. Nota-se que o IC do tratamento M3 se diferenciou estatisticamente do M1, mas o IC do M1 não se diferenciou do M2 e nem o M2 do M3.

Tanto o excesso quanto a falta de água afetam a síntese, acumulação, partição e translocação de produtos fotoassimilados e, conseqüentemente, influenciam na produção e nos componentes de produção de grãos da cultura do milho. Características morfo-fisiológicas e rendimento de grãos variam entre os diferentes genótipos e o índice de colheita é maior nos materiais precoces (DURÃES et al. (1993). Entretanto a maior habilidade de partição relacionada aos genótipos superprecoces e precoces somente se manifestam quando as exigências climáticas e nutricionais da cultura forem satisfeitas (FANCELLI, 1986).

### Agradecimentos

A EMBRAPA, FAPEMIG e CNPq pelo apoio financeiro.

### Conclusão

A cultura do milho foi mais sensível ao estresse por deficiência hídrica do que por excesso de umidade no solo;

Uma redução de 30% na lâmina de água requerida pela cultura causou quase 60% de redução na produtividade de grãos, enquanto um aumento de 20% na lâmina causou um decréscimo de pouco mais de 3% no rendimento.

### Referências Bibliográficas

- AGRIANUAL - ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – São Paulo: Instituto FNP, 2008. 520 p.
- ALBUQUERQUE, P.E.P.; DURÃES, F.O.M.; GOMIDE, R.L.; ANDRADE, C.L.T. **Estabelecimento de sítios-específicos experimentais visando imposição e monitoramento de estresse hídrico para fenotipagem de cereais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2005. 10p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 61).
- ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE, C.L.T. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 10).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, E. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C. **Sistema para monitoramento integrado da dinâmica de água e solutos no solo - SISDINA**. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. 13. 2000, Ilhéus. Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo. Ilhéus: CEPLAC, 2000. v. 1.
- ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R.A.L. **Viabilidade de irrigação de milho**. In: **Sistemas de Produção, 2, versão eletrônica – 3ª edição**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2007.
- DURÃES, F.O.M., MAGALHÃES, P.C., OLIVEIRA, A.C., FANCELLI, A.L.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: **Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4**, Fortaleza, SBFV/UFCE, 1993. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, São Carlos, 5 (1):1-120. 1993.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.. **Produção de Milho**. Ed. Agropecuária, Guaíba. 360 p., 2000.

FANCELLI, A.L. **Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão**. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986. 131p.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 400 p.

PARIZI, A.R.C., **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sobre as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região de Santiago, RS**. 2007, 124 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

PEREIRA, L.S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. **Irrigation management under water scarcity**. Agricultural Water Management, Amsterdam , v.57, n.3, p. 175-206, 2002.