

Rendimento de Grãos e Componentes de Rendimento de Híbridos Comerciais de Milho sob Deficiência Hídrica*

* Trabalho financiado com recursos do MacroPrograma 02: Projeto: 02.07.02.005.00

Milton J. Cardoso¹, Edson A. Bastos¹, Cleso A. P. Pacheco², Leonardo M. P. Rocha², Lauro J. M. Guimarães²; Paulo E. de O. Guimarães², Sidey Netto Parentoni e Adelmo R. de Silva²

¹ Embrapa Meio-Norte, Cx Postal 01, CEP 64.006-220-Teresina, PI; ² Embrapa Milho e Sorgo, Cx Postal 151, CEP 35701-9790 Sete Lagoas, MG.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Vigna unguiculata*, *Sorghum bicolor*, uso eficiente da terra.

O rendimento de grãos de milho é determinado basicamente pelo número de grãos por unidade de área e, em menor escala, pela massa individual do grãos (Richards, 2000). A melhoria do rendimento em milho tem sido associada com o aumento na tolerância a estresses (Tollenaar et al., 2001) e o aumento na tolerância a estresses podem resultar, em parte, da seleção para aumento da estabilidade do rendimento (Durães et al., 2002).

Embora seja fundamental avaliar os efeitos do fator água, durante todo o ciclo da cultura, vários trabalhos concentraram estudos no impacto do déficit hídrico no período crítico do milho, ou seja, da prefloração ao início de enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004).

Estudos de estresse hídrico durante o desenvolvimento do milho indicam que o período de florescimento é o estágio mais sensível para a determinação da produção, e que reduções na produção de grãos e no número de grãos por planta podem ser superiores a 50% quando a seca coincide com este período (Durães et al. 2002, 2004).

Estudos de BERGAMASCHI et al. (2004), comprovam que o fato das plantas sob condições de deficiência hídrica emitirem a inflorescência masculina no momento em que se inicia o déficit hídrico, em média 50 dias após semeadura, muitas atrasam a emissão das espigas, 58 dias após semeadura, quebrando o sincronismo entre emissão dos estigmas e liberação do pólen, justificando a ocorrência de espigas com falhas na granação, contribuindo assim para uma redução na relação grão/espiga.

A redução do número de espigas também pode ser atribuída ao atraso provocado pelo déficit hídrico na emissão da mesma, o que levou muitas plantas a perderem sua capacidade de emissão de espigas por causa do estado debilitado em que se encontravam ao final da restrição hídrica.

Tal evidência está de acordo com GUEI & WASSON (1992) e NEY et al. (1994) que constataram influência do estresse hídrico quando o mesmo ocorre durante o florescimento com consequência significativa na redução do número e peso de espigas e do número de grãos por m².

O desenvolvimento de variedades tolerantes a seca para culturas de importância econômica representa um desafio para o século 21, considerando que o crescimento da agricultura será limitado pela disponibilidade de água no mundo, dessa forma o objetivo desta pesquisa foi identificar genótipos de milho que apresentem tolerância a seca.



O trabalho foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2009 na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, (05°05'S, 42° 48'W e 74,4 m). A umidade relativa do ar média anual de Teresina é de 75%, temperatura média do ar de 28,6°C e a precipitação pluviométrica anual de 1.291 mm (BASTOS et al., 2007). O solo da área experimental é um Argissolo Amarelo Eutrófico de textura franco-arenosa.

Foram avaliados 36 híbridos, sendo oito testemunhas, de milho em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. A parcela experimental era composta de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,80 m e entre covas na fileira de 0,20 m, deixando-se após o desbaste uma planta. A adubação de fundação foi de 40 kg de N ha⁻¹, 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹, 70 kg de K₂O ha⁻¹. Em cobertura foram aplicados 80 kg de N ha⁻¹ por ocasião da emissão da sétima folha.

A irrigação do ensaio foi feita utilizando um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo, com os aspersores dispostos em um espaçamento de 12 m x 12 m, bocais de 3,4 mm x 2,6 mm de diâmetro e vazão de 1,07 m³ h⁻¹ a uma pressão de serviço de 250 kPa (2,5 atm). As irrigações foram diárias sendo as lâminas estimadas com base na evapotranspiração da cultura (ETc) do dia anterior, que foi calculada a partir da evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente de cultura (Kc) por fase, cujos valores foram obtidos por ANDRADE JÚNIOR et al. (1998). Para a estimativa da ETo adotou-se o método de Penman-Monteith, utilizando-se os dados coletados na estação meteorológica automática da Embrapa Meio-Norte, localizada nas proximidades da área experimental. Foram determinadas as curvas de retenção de água no solo e posteriormente ajustadas pelo modelo de VAN GENUCHTEN (1980). O valor da capacidade de campo (-10 kPa) considerando a camada de 0 a 0,45 m foi de 21,0% e ponto de murcha permanente (-1.500 kPa) de 9,0% a base de volume. O monitoramento da umidade do solo foi realizado diariamente por meio da sonda de capacitância DIVINER 2000®, com 3 tubos de acesso instalados em cada ensaio, sendo estes distribuídos aleatoriamente entre as plantas nas parcelas, em camadas de 0,10 m até 0,70 m de profundidade.

A deficiência hídrica foi aplicada entre 42 dias (pré-florescimento) a 75 dias (início de enchimento de espiga) após o plantio com um nível moderado de deficiência hídrica, atingindo, em média 70 % nível de esgotamento de água no solo.

Os dados do rendimento de grãos e dos componentes de rendimento número de grãos por metro quadrado, número de espiga m⁻², número de fileiras de grãos espiga⁻¹, número de grãos fileira⁻¹, foram submetidos à análise de variância depois de verificada a homogeneidade das variâncias, sendo a comparação das médias dos tratamentos feita pelo teste F e de Scott-Knott ao nível 5% (Barbin, 2003).

A amplitude de variação para o rendimento de grãos foi de 1.157 kg ha⁻¹ a 7.946 kg ha⁻¹, com média geral do ensaio de 3.718 kg ha⁻¹. Dezessete híbridos produziram acima desta média com destaque para os híbridos DKB 390, 2 B 707, BRS 1001, BRS 1040, BRS 2020 e BRS 1031 com produtividade de grãos acima de 5.000 kg ha⁻¹ (Tabela 1). O rendimento médio de grãos das testemunhas foi de 4.170 kg ha⁻¹ sendo que os outros materiais, relativamente, produziram 86,9 % em relação a esta média (Tabela 2). Os componentes de rendimento, número de grãos por área, número de espiga por área, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira na espiga foram os que mais contribuíram para as diferenças entre os rendimentos de grãos dos materiais avaliados. Provavelmente, o aumento do intervalo entre as fases do pendramento e espigamento tenha favorecido para o abortamento de pólen, além de serem agravados por fatores climáticos como altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, afetando assim os componentes de produção com consequente redução no rendimento de grãos.

Os resultados permitem identificar materiais com tolerância à deficiência hídrica com rendimento de grãos superior a 4.000 kg ha⁻¹.



Tabela 1. Rendimento de grãos e componentes de rendimentos de 36 híbridos comerciais de milho sob deficiência hídrica. Teresina, Piauí, 2009.

| HIBRIDO | TIP | RGHA | NGM ² | PGM ² | NFE | G1FIL | NEM ² |
|-------------|-----|---------|------------------|------------------|---------|---------|------------------|
| DKB 390 | HS | 7.946 a | 2.791 a | 795 a | 17,40 a | 32,8 a | 5,52 a |
| 2B 707 | HS | 6.826 b | 2.542 a | 683 b | 17,35 a | 35,15 a | 6,56 b |
| BRS 1001 | HS | 5.799 c | 1.989 b | 580 c | 13,65 c | 28,1 a | 4,58 c |
| BRS 1040 | HS | 5.791 c | 1.791 b | 579 c | 14,15 c | 31,6 a | 5,00 c |
| BRS 2020 | HD | 5.286 c | 1.908 b | 529 c | 13,93 c | 33,75 a | 4,90 c |
| BRS 1031 | HS | 5.270 c | 1.839 b | 527 c | 13,0 d | 30,40 a | 5,10 c |
| 3740 109 | HT | 4.941 c | 1.662 b | 494 c | 13,94 c | 22,33 c | 4,69 c |
| CIMMYT 6618 | HS | 4.875 c | 1.764 b | 488 c | 14,15 c | 23,85 b | 4,17 d |
| 1F6405 | HS | 4.857 c | 1.745 b | 486 c | 15,45 b | 28,85 a | 5,52 b |
| AG 9040 | HS | 4.629 c | 1.716 b | 463 d | 16,30 b | 26,48 b | 4,63 c |
| BRS 1035 | HS | 4.500 c | 1.586 b | 450 d | 12,25 d | 27,45 a | 4,11 d |
| 3740129 | HT | 4.285 c | 1.560 b | 429 d | 13,53 d | 26,23 b | 3,89 d |
| CIMMYT 6626 | HS | 4.104 c | 1.477 b | 410 d | 12,25 d | 28,90 a | 4,72 c |
| BRS 3061 | HT | 4.017 c | 1.371 c | 401 d | 13,67 c | 26,45 b | 4,17 d |
| 3E528-5 | HT | 4.010 c | 1.308 c | 401 d | 13,05 d | 24,67 b | 4,00 d |
| 2F633-5 | HD | 3.783 e | 1.339 c | 378 e | 13,00 d | 21,82 c | 5,23 c |
| BRS 306 | HT | 3.782 e | 1.267 c | 378 e | 13,37 d | 18,78 c | 3,53 d |
| BRS 3035 | HT | 3.531 e | 1.193 c | 353 e | 13,50 d | 26,15 b | 4,27 c |
| BR 201 | HD | 3.483 e | 1.169 c | 348 e | 13,80 c | 30,95 a | 3,36 d |
| BRS 1030 | HS | 3.477 e | 1.172 c | 348 e | 13,10 d | 24,85 b | 3,84 d |
| BRS 1010 | HS | 3.241 e | 1.062 c | 324 e | 14,30 c | 21,53 c | 4,05 d |
| BRS 3150 | HT | 3.230 e | 1.134 c | 323 e | 14,60 c | 22,12 c | 2,71 e |
| BR 206 | HD | 3.089 e | 1.114 c | 309 e | 16,34 b | 33,15 a | 3,91 d |
| AS 1567 | HS | 3.032 e | 1.084 c | 303 e | 14,50 | 26,40 b | 3,34 d |
| P 30F35 | HS | 2.961 e | 1.065 c | 296 e | 16,09 b | 25,66 b | 3,85 d |
| 5780280 | HS | 2.865 e | 969 c | 287 e | 14,43 c | 22,45 c | 4,03 d |
| BRS 3035 | HT | 2.829 e | 1.068 c | 283 e | 13,93 c | 20,15 c | 3,54 d |
| 5780235 | HS | 2.694 e | 967 c | 269 e | 15,25 b | 21,85 c | 4,33 c |
| BRS 2022 | HD | 2.428 f | 877 d | 243 f | 14,40 d | 19,99 c | 3,13 e |
| 5780287 | HS | 2.268 f | 768 d | 227 f | 13,40 d | 25,40 b | 3,71 d |
| BRS3003 | HT | 2.259 f | 731 d | 226 f | 12,70 d | 21,65 c | 3,69 d |
| DKB 330 | HS | 1.944 f | 727 d | 194 f | 14,51 c | 21,70 c | 3,08 e |
| 2B710 | HS | 1.769 f | 656 d | 177 f | 16,60 a | 23,68 b | 2,66 e |
| BRS 2223 | HD | 1.540 f | 514 d | 154 f | 13,22 d | 26,84 b | 2,08 e |
| BR 2114 | HD | 1.346 f | 506 d | 135 f | 13,45 d | 24,27 b | 2,50 e |
| BR 205 | HD | 1.157 f | 381 d | 116 f | 14,53 c | 30,97 a | 2,38 e |
| Média | | 3.718 | 1.300 | 372 | 14,3 | 26,0 | 4,02 |
| CV% | | 18,4 | 20,2 | 18,4 | 6,3 | 15,3 | 13,5 |
| Teste-F | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |

HD: híbrido duplo; HT: híbrido triplo; HS: híbrido simples; RGHA: Rendimento de grãos (kg ha⁻¹); NGM2: número de grãos por m²; PGM2: peso de grãos por m²; NFE: número de fileiras de grãos por espiga; G1FIL: número de grãos por fileira e NEM2: número de espiga por m². ** Significativo ao nível de 5% pelo teste F. Na coluna média seguidas da mesma letra são iguais ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.



Tabela 2. Rendimento de grãos e componentes de rendimentos de 26 híbridos comerciais (HC) e oito testemunha (T) de milho sob deficiência hídrica. Teresina, Piauí, 2009.

| Tipo | RGHA | NGM2 | PGM2 | NFE | G1FIL | NEM2 |
|------|---------|---------|-------|---------|---------|--------|
| HC | 3.597 b | 1.245 b | 360 b | 13,81 b | 25,68 b | 3,96 b |
| T | 4.140 a | 1.494 a | 414 a | 15,80 a | 27,29 a | 4,22 a |

RGHA: Rendimento de grãos (kg ha^{-1}); NGM2: número de grãos por m^2 ; PGM2: peso de grãos por m^2 ; NFE: número de fileiras de grãos por espiga; G1FILK: número de grãos por fileira e NEM2: número de espiga por m^2 .
 ** Significativo ao nível de 5% pelo teste F. Na coluna médias seguidas da mesma letra são iguais ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Literatura Citada

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M.J.; MELO, F.B.; BASTOS, E.A. Irrigação. In: CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do milho no Piauí**. 2 ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1998, p.68-100. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 12).

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Boletim Agrometeorológico do ano de 2006 para o município de Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007, 37p. (Embrapa Meio-Norte . Documentos, 156).

BARBIN, D. Planejamento e análise de experimentos agrônômicos. Araponga: Midas, 2003. 208p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, A.C.; SANTOS, M.X. dos; GAMA, E.E.G.; GUIMARÃES, C.T. Combining ability of tropical maize inbred lines under drought stress conditions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, n.2, p. 291-298, 2002.

DURÃES, F.O.M.; SANTOS, M.X. dos; GAMA, E.E.G.; MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; GUIMARÃES, C.T. Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 35). 2004. 20 p.



GUEI, R.G.; WASSON, C.E. **Inheritance of some drought adaptative traits in maize: I.** Interrelationships between yield, flowering, and ears per plant. *Maydica*, v.37, p.157-164, 1992.

NEY, B., DUTHION, C.; TURC, O. Phenological response of pea to water stress during reproductive development. **Crop Science**, Madison, v.34, p.141-146, 1994.

RICHARDS, R.A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v. 51, p. 447-458, 2000.

TOLLENAAR, M., WU, J., 1999. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, v.39, p.1597-1604, 2001.

VAN GENUCHTEN, M.T. **A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils.** Soil Science Society of American Journal, n.44, p.892-898, 1980.

