

Avaliação de Genótipos de Milho, Sorgo e Arroz sob Irrigação e em Estresse Hídrico

Dyeme A. V. Bento¹ Frederico O. M. Durães², Elto E. G. e Gama², Fredolino G. dos Santos² e Cléber Morais Guimarães³

¹Pesquisador Recém-Doutor CNPMS, Rod. MG 424 Km 45, Cx. Postal 285, 35701-970, Sete Lagoas, MG. ²CNPMS, Sete Lagoas, MG; ³CNPAF, Rod. GO 462 Km 12, Cx. Postal 179, 75375-000, Sto. Antônio de Goiás, GO. Corresp.: dyeme.bento@gmail.com.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Tolerância; Milho; Sorgo; Arroz

O déficit hídrico é condição comum em várias regiões do território brasileiro, sendo responsável por redução da produção em diversas culturas de interesse econômico (BERGAMASCHI et al, 2004). Considerando-se a grande variedade de ambientes típica de regiões tropicais, ocorrem no Brasil diferentes tipos de condições de estresse hídrico ao longo de sua extensão geográfica.

A caracterização das regiões em que ocorre o estresse hídrico, suas diferentes formas de influência no desenvolvimento das culturas e o esclarecimento de como se dá essa influência ao longo dos estádios fenológicos das plantas são fatores determinantes para o controle eficiente dessa adversidade (BLAIN; BRUNINI, 2005).

A avaliação de caracteres associados à fenologia das culturas é importante na definição do estágio crítico de influência do estresse hídrico e da melhor estratégia para seu controle. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar diversos caracteres ao longo do desenvolvimento fenológico de genótipos de milho, sorgo e arroz, em condições de presença e ausência de irrigação, buscando definir caracteres que melhor se adequem à fenotipagem preliminar para tolerância ao estresse hídrico nestas espécies.

Os materiais utilizados corresponderam a quatro genótipos de milho (linhagens PE01 e PE02, variedade BR106 e Sintético TS), cinco genótipos de sorgo (BRS310, SC283, 443022, BR007B e SC566-14) e cinco genótipos de arroz (CNA9019, BRS Soberana, Guarani, Primavera e BRS Curinga). O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com 3 repetições para as culturas do milho e do sorgo e 4 repetições para a cultura do arroz. As parcelas foram constituídas, na cultura do milho, por 4 linhas de 8m, com espaçamento de 0,80m entre linhas e 0,20m entre plantas; na cultura do sorgo por 6 fileiras de 5m com espaçamento de 0,50m entre fileiras e na cultura do arroz por 10 fileiras de 8m com espaçamento de 0,35m entre fileiras.

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, sendo instalados para cada espécie dois lotes idênticos, correspondendo aos experimentos com e sem estresse hídrico. A condição de estresse foi imposta pela ausência de irrigação durante todo o ciclo das culturas. As operações de preparo de solo, adubação e tratamentos culturais foram realizadas de acordo com as recomendações para cada cultura na região.

Foram avaliados diversos caracteres ao longo do desenvolvimento fenológico de cada espécie. Na cultura do milho, foram coletados dados de número de folhas verdes (NFV), número de folhas mortas (NFM), número de folhas verdes liguladas (NFVL), comprimento (CFVL) e

largura (LFVL) da última folha ligulada e altura do solo até a última folha ligulada (AFVL). Na cultura do sorgo foram avaliados número de folhas verdes liguladas (NFVL), número de folhas no colmo principal (NFPC), comprimento (CFVL) e largura (LFVL) da última folha ligulada e altura do solo até a última folha ligulada (AFVL). Na cultura do arroz foram avaliados número de folhas no colmo principal (NFPC), número de folhas verdes liguladas (NFVL), comprimento (CFVL) e largura (LFVL) da última folha ligulada, número de perfilhos (NP), número total de folhas (NTF) e altura do solo até a última folha ligulada (AFVL).

Nas avaliações, foram identificadas plantas nas linhas centrais de cada parcela nos experimentos de cada cultura, sendo 4 plantas para cada linhagem e 10 plantas para o BR106 e para o Sintético TS em milho e 4 plantas para cada genótipo de sorgo e arroz, nas quais foram coletados os dados ao longo do ciclo. Para o milho, as avaliações foram realizadas por volta dos 20, 35, 40, 60 e 80 dias após a sementeira; para o sorgo, aproximadamente aos 20, 35, 50 e 70 dias após a sementeira e para o arroz, aproximadamente aos 20, 35, 60, 75 e 90 dias após a sementeira.

A produção de grãos (PG) foi avaliada correspondendo, na cultura do milho, à colheita das 2 linhas centrais de cada parcela, em um comprimento de 6m em cada linha; na cultura do sorgo, à colheita de 2 linhas centrais de cada parcela, em um comprimento de 5m em cada linha e na cultura do arroz, à colheita de 3 linhas centrais de cada parcela, em um comprimento de 3m em cada linha. Os dados de PG em cada cultura foram corrigidos para a umidade padrão de 13%, sendo corrigido também para o estande final da parcela, utilizado como covariável, nas culturas do milho e do sorgo. As análises de variâncias de todos os caracteres foram realizadas utilizando-se o programa SAS, versão 8.2, módulo proc GLM.

Nas análises de variâncias dos caracteres referentes à avaliação fenológica na cultura do milho os coeficientes de variação experimental (CV %) indicaram boa precisão experimental nas avaliações de todos os caracteres, exceto para largura da folha, cujo valor de CV foi de aproximadamente 40%. Houve diferença altamente significativa ($P < 0,01$) entre os regimes hídricos com e sem estresse para os caracteres número de folhas verdes e número de folhas mortas e diferença significativa ($P < 0,05$) para a altura até a última folha ligulada. Para os caracteres número de folhas verdes liguladas, comprimento e largura da última folha ligulada não foi constatada diferença entre os regimes hídricos utilizados (Tabela 1).

Houve diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre genótipos e entre épocas de avaliação para todos os caracteres, o que já era esperado em função dos diferentes tipos de materiais genéticos utilizados - linhagens, variedade e sintético - e da coleta de dados em diferentes estádios de desenvolvimento. Não foi constatada diferença entre plantas avaliadas dentro de cada parcela para nenhum dos caracteres avaliados, e também para a interação entre genótipos e regime hídrico, o que indica a performance coincidente dos genótipos avaliados com e sem estresse hídrico.

Para a cultura do sorgo, os coeficientes de variação experimental nas análises dos caracteres da avaliação fenológica foram inferiores a 12% para todos os caracteres, exceto para a largura da última folha ligulada, que foi de valor elevado (58,09%). Foi constatada diferença altamente significativa ($P < 0,01$) entre os regimes hídricos para a altura da última folha ligulada, e diferença significativa ($P < 0,05$) para o número de folhas no colmo principal e comprimento da última folha ligulada; para os caracteres número de folhas verdes liguladas e largura da última folha ligulada não foram detectadas diferenças entre as avaliações com e sem estresse hídrico (Tabela 1).

Foram constatadas diferenças altamente significativas entre genótipos para todos os caracteres, exceto para largura da última folha ligulada; entre plantas avaliadas dentro de cada parcela não houve diferença significativa para nenhum dos caracteres avaliados. Somente foi constatado efeito da interação entre genótipos e regime hídrico para o caráter altura da última folha ligulada, indicando a não coincidência das performances do genótipos avaliados sob os dois regimes hídricos utilizados.

Na cultura do arroz, foram constatados baixos valores de coeficientes de variação experimental para todos os caracteres, exceto número de perfilhos (51,58%) e número total de folhas (38,03%). Houve diferenças altamente significativas entre os regimes hídricos para os caracteres número de folhas no colmo principal, número de folhas liguladas, largura e altura da última folha ligulada, não sendo constatadas diferenças para o comprimento da última folha ligulada, número de perfilhos e número de folhas. Foram constatadas diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre genótipos para todos os caracteres, exceto número de folhas no colmo principal e comprimento da última folha ligulada. Não houve diferenças significativas entre plantas avaliadas dentro de cada parcela para nenhum caráter. Para a interação entre genótipos e regime hídrico foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para os caracteres número de folhas verdes liguladas, comprimento e largura da última folha ligulada, ou seja, para esses caracteres as performances nas avaliações com e sem estresse hídrico não foram coincidentes (Tabela 1).

Nas análises da PG realizadas em milho, sorgo e arroz verificou-se boa precisão experimental, com valores máximos de CV em torno de 20%. Foram constatadas diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) pelo teste *F* entre genótipos e entre regimes hídricos para todas as culturas, o que evidencia as discrepâncias entre os materiais genéticos utilizados em cada espécie e entre os ambientes com e sem irrigação. A interação entre genótipos e regimes hídricos foi significativa apenas para a avaliação da PG na cultura do arroz, indicando a não coincidência da produção de grãos de cada genótipo quando avaliado com e sem irrigação durante o ciclo (Tabela 2).

As médias de PG dos genótipos para todas as culturas nas avaliações sem estresse hídrico foram superiores àquelas das avaliações com estresse, mais marcadamente na cultura do arroz, em a diferença entre as médias dos dois regimes hídricos empregados foi mais elevada (Tabela 3).

A avaliação de diversos caracteres durante o desenvolvimento das plantas nas culturas do milho, sorgo e arroz possibilitou a definição de caracteres mais apropriados ao procedimento de fenotipagem preliminar para o estudo da tolerância à seca nestas espécies, como é o caso do número de folhas verdes (NFV), número de folhas mortas (NFM) e altura da última folha ligulada (AFVL) para milho; número de folhas no colmo principal (NFCP), comprimento da última folha verde ligulada (CFVL) e altura da última folha ligulada (AFVL) para sorgo e número de folhas no colmo principal (NFCP), número de folhas verdes liguladas (NFVL), largura da última folha verde ligulada (LFVL) e altura da última folha ligulada (AFVL) para arroz.

Tabela 1. Resumos das análises de variâncias dos caracteres avaliados ao longo do desenvolvimento fenológico nas culturas do milho, sorgo e arroz.

Milho								
FV	GL	NFV	NFM	NFVL	CFVL ^a	LFVL	AFVL ^a	
Gen(G)	3	119,71**	36,93**	300,03**	213,66**	97,03**	3571,65**	
Água(A)	1	43,42**	32,52**	7,97 ^{ns}	2,08 ^{ns}	6,47 ^{ns}	26,65*	
Pla(G)	24	58,91 ^{ns}	15,05 ^{ns}	57,51 ^{ns}	33,80 ^{ns}	231,36 ^{ns}	163,00 ^{ns}	
G*A	3	6,62 ^{ns}	4,46 ^{ns}	6,62 ^{ns}	10,96 ^{ns}	6,02 ^{ns}	22,54 ^{ns}	
Erro a	132	386,94	75,77	336,47	197,55	1066,69	759,23	
Aval	4	2271,50**	3142,92**	5879,05**	2555,65**	2420,80**	26103,55**	
Erro b	652	0,92	0,41	0,85	65,98	7,93	1,68	
CV (%)		7,67	18,11	10,52	13,63	40,25	8,61	
Sorgo								
FV	GL	NFVL	NFCP	CFVL	LFVL	AFVL ^a		
Gen(G)	4	133,64**	163,51**	13300,71**	144,46 ^{ns}	228,74**		
Água(A)	1	2,85 ^{ns}	5,63*	206,72*	50,18 ^{ns}	43,12**		
Pla(G)	15	22,7 ^{ns}	15,79 ^{ns}	412,89 ^{ns}	203,33 ^{ns}	19,79 ^{ns}		
G*A	4	7,01 ^{ns}	5,83 ^{ns}	164,40 ^{ns}	50,18 ^{ns}	20,56**		
Erro a	91	107,24	118,48	3602,88	1435,63	104,48		
Aval	3	6752,99**	3554,80**	160638,36**	1854,07**	8635,24**		
Erro b	342	0,83	0,76	32,43	14,43	70,31		
CV (%)		9,48	6,99	11,79	58,09	8,48		
Arroz								
FV	GL	NFCP	NFVL	CFVL ^a	LFVL	NP ^a	NTF ^a	AFVL ^a
Gen(G)	4	2,23 ^{ns}	3,66**	0,74 ^{ns}	7,91**	68,06**	335,20**	106,26**
Água(A)	1	4,65**	3,65**	0,61 ^{ns}	0,21**	0,40 ^{ns}	0,16 ^{ns}	56,95**
Pla(G)	15	4,33 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,33 ^{ns}	0,45 ^{ns}	6,26 ^{ns}	9,16 ^{ns}	1,00 ^{ns}
G*A	4	4,12 ^{ns}	1,36*	3,47*	0,27*	1,36 ^{ns}	3,68 ^{ns}	137,63 ^{ns}
Erro a	129	71,79	0,48	36,30	3,45	38,63	5,96	0,84
Aval	4	2979,68**	1082,80**	1191,82**	153,14**	43,74**	617,98 ^{ns}	2199,23**
Erro b	616	0,38	0,36	0,19	0,01	0,11	207,91	0,37
CV (%)		9,38	10,14	13,80	9,70	0,52	38,03	8,65

*,** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste *F*; ^{ns} não significativo; ^a x10⁻²

Tabela 2. Resumos das análises de variâncias da produção de grãos (PG) em milho, sorgo e arroz.

FV	GL	PG Milho	GL	PG Sorgo ^a	GL	PG Arroz ^b
Gen(G)	3	27,86**	4	51,05**	4	12,99**
Água(A)	1	7,67**	1	76,74**	1	1162,31**
G*A	3	3,14 ^{ns}	4	4,55 ^{ns}	4	36,52**
Erro	11	0,66	15	8,98	24	2,99
CV (%)	20,03		10,77		16,05	

*,** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste *F*; ^{ns} não significativo; ^a x10⁻⁴; ^b x 10⁻²

Tabela 3. Médias do caráter produção de grãos (PG) nas culturas do milho, sorgo e arroz avaliados com e sem estresse hídrico.

Médias	Milho (kg parcela ⁻¹)	
	Com estresse	Sem estresse
PE01	3,0759	3,6475
PE02	2,6399	3,1031
BR106	3,1130	5,3345
Sintético TS	4,8795	6,5399
Total	3,4271	4,6562

Médias	Sorgo (kg parcela ⁻¹)	
	Com estresse	Sem estresse
BRS310	2792,3223	3210,4726
SC283	2845,6413	3097,5695
443022	2401,6911	2943,9832
BR007B	2914,6825	2993,5053
SC566-14	2164,1198	2472,5641
Total	2623,6914	2943,6190

Médias	Arroz (kg parcela ⁻¹)	
	Com estresse	Sem estresse
CNA9019	70,8948	181,0376
BRS Soberana	47,0974	164,2497
Guarani	83,4187	118,6365
Primavera	19,9171	164,6920
BRS Curinga	47,3184	179,0828
Total	53,7293	161,5397

Literatura Citada

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**, Brasília, v.39, n.9, p. 831-839. 2004.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.695-705, 2005.