

Extração de Água do Solo pelo Sorgo Submetido a Estresse Hídrico Após seu Florescimento

Paulo Emílio P.de Albuquerque¹, Flávio D. Tardin¹ e Fredolino G. dos Santos¹

¹Pesquisadores A, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, 35701-970, Sete Lagoas-MG, E-mail: emilio@cnpms.embrapa.br,

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, seca, estresse hídrico, irrigação.

O sorgo se adapta bem a ambientes de déficit hídrico, os quais são, geralmente, desfavoráveis à maioria de outros cereais. Essa característica permite que a cultura seja apta para se desenvolver e se expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão (Santos et al., 2005).

Na maioria das culturas de ciclo anual, a fase reprodutiva ou de florescimento é a mais crítica no que concerne à demanda hídrica (Allen et al., 1998). Especificamente para o sorgo, as plantas que permanecem verdes em pós-florescimento, após sofrerem estresse hídrico, são consideradas como apresentando bom "stay green", termo empregado para caracterizar resistência a seca em pós-florescimento (Nguyen et al, 1996; Xu, et al, 2000).

Existem grandes diferenças entre cultivares de sorgo quanto à reação e desempenho sob condições de estresse hídrico (Tardin et al., 2008). A identificação de cultivares resistentes a seca torna-se prioritária à medida que a cultura do sorgo se expande para regiões com risco de deficiência hídrica.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a extração de água do solo pelo sorgo submetido a déficit hídrico em pós-florescimento.

O ensaio foi instalado em Latossolo Vermelho-amarelo textura média, em Nova Porteirinha, MG, no inverno de 2003 (plantio em 04/06/2003), com temperatura adequada para a cultura e sem ocorrência de chuvas durante o período de estresse. Foram utilizados 54 genótipos de sorgo do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo. Cada genótipo foi plantado em parcela de quatro fileiras de 5m de comprimento, em blocos casualizados com três repetições, com espaçamento de 0,50m e 12 plantas/m linear de sulco. Na adubação de plantio utilizaram-se 250 kg/ha da fórmula 8-28-16 (NPK), em cobertura, 30 dias após o plantio, foram aplicados 160 kg/ha de uréia.

Foram instalados dois experimentos, sendo um com irrigação plena e outro com aplicação de estresse sem retorno à irrigação (última irrigação aos 44 dias após o plantio). Foram coletadas amostras de solo, nas duas condições, para monitoramento do conteúdo de água, pelo método gravimétrico (Hillel, 1980), em três profundidades: 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm. A água de irrigação foi medida durante o ciclo das plantas. Os dados agrônômicos coletados de cada genótipo possibilitaram o cálculo do rendimento de grãos (t/ha), índice de colheita de panícula e índice de estresse hídrico-IEH (valor sem estresse - valor com estresse/diferença da média geral dos valores sem e com estresse) para altura de planta, índice de colheita de panícula, massa de 100 grãos e rendimento de grãos (Tardin et al., 2008).

A capacidade de campo (CC) determinada para o solo do experimento foi de 0,22495 m³/m³ e o ponto de murcha permanente (PMP) de 0,0736 m³/m³, gerando uma capacidade de água disponível (CAD) de 0,15135 m³/m³ ou cerca de 15% em volume (Figura 1).

Observa-se na Figura 1 que, a partir do momento em que houve a suspensão das irrigações no bloco em que se impôs o estresse hídrico (praticamente, a partir dos 44 dias após o plantio – dap), houve um decréscimo contínuo da umidade do solo, em todas as três profundidades analisadas. Isso demonstra que houve extração de água mesmo nas camadas mais profundas do solo (até a profundidade de 40-60 cm), o que induz concluir que deve ter havido crescimento radicular até próximo dessa profundidade. Em contrapartida, no bloco com suprimento normal de água (não estressado), a umidade do solo se manteve alta, próxima da capacidade de campo, demonstrando não haver extração de água a grandes profundidades, devido à estabilidade das curvas de 20-40 e 40-60 cm ao longo do tempo, sendo, entretanto, normal esse comportamento quando há suprimento satisfatório de água na camada superior do solo (0-20 cm). Nessa condição, aos 57 dap, o solo da cultura sob estresse já apresentava na camada 0-20 cm apenas 30% da capacidade de água disponível (CAD), na camada 20-40 cm 45% da CAD e na camada 40-60 cm 60%, como pode ser ratificado pela Figura 1. No final do ciclo (99 dap), esses percentuais caíram para 6, 12 e 30%, respectivamente. No florescimento, ocorrido em torno dos 66 dap, a umidade existente no solo já era suficiente para impor as condições de estresse às plantas.

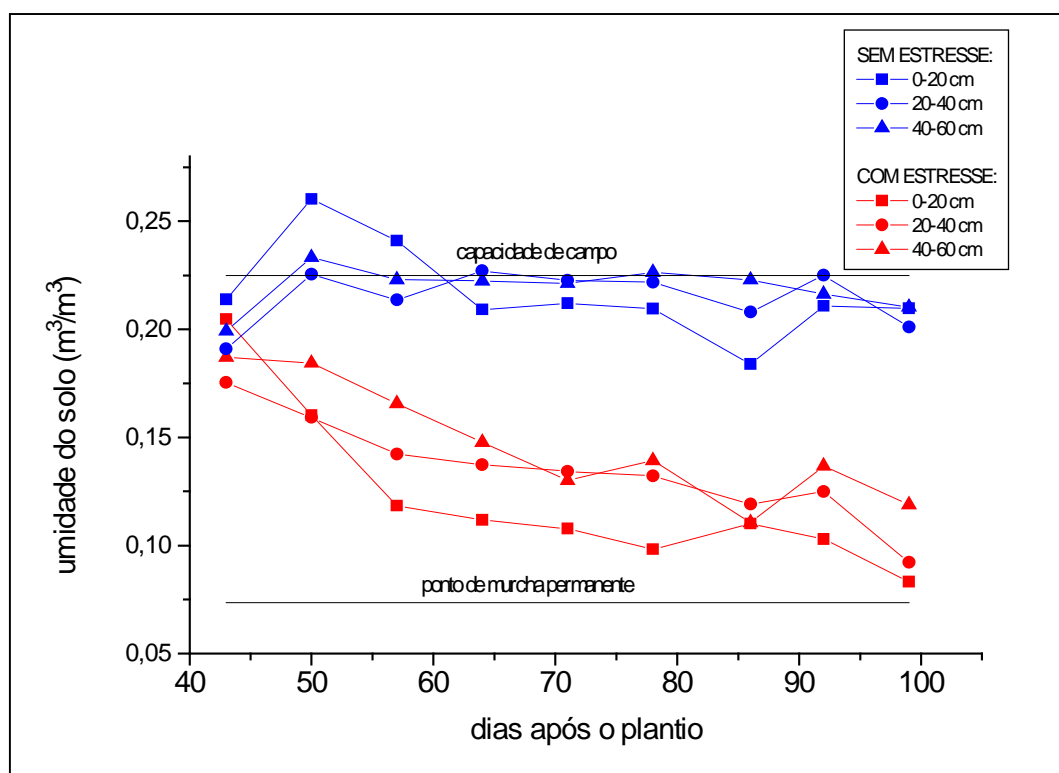


Figura 1 – Umidade em três camadas de solo (0-20, 20-40 e 40-60 cm) em sorgo suprido adequadamente de água (sem estresse) e sob déficit hídrico (com estresse), ao longo do ciclo da cultura (Nova Porteirinha, MG, 2003)

A Tabela 1 mostra os valores das lâminas brutas (LB) de irrigação aplicadas nos dias das irrigações nos ensaios com estresse e sem estresse hídrico, assim como essas lâminas acumuladas em cada um desses dias. Também apresenta a evapotranspiração máxima da cultura (ETc) acumulada, em função dos dias após o plantio – dap. A ETc foi calculada por

meio do produto da evapotranspiração de referência (ET_o), obtida pelo método de Penman-Monteith/FAO, e coeficientes de cultura (K_c) do sorgo mais apropriados para o clima da região e o período de cultivo (Allen et al., 1998). Verifica-se que as lâminas brutas totais aplicadas foram de 246,0 (sorgo com estresse) e 537,8 mm (sorgo sem estresse) e a ET_c total de 381,2 mm.

Tabela 1 - Valores das lâminas brutas (LB) de irrigação aplicadas no ensaio com estresse e sem estresse hídrico, em 54 genótipos de sorgo, e a evapotranspiração máxima da cultura acumulada, em função dos dias após o plantio - dap (Nova Porteirinha, MG, 2003).

Dias após o plantio (dap)	Lâmina bruta LB (com estresse) (mm)	Lâmina bruta LB (sem estresse) (mm)	LB acumulada (com estresse) (mm)	LB acumulada (sem estresse) (mm)	Evapotranspiração máxima da cultura acumulada (mm)
0	24,2	17,9	24,2	17,9	0
2	20,0	18,8	44,2	36,7	3,8
6	24,1	25,3	68,3	62,0	19,0
9	21,9	21,5	90,2	83,5	27,6
13	15,8	20,8	106,0	104,3	39,4
16	20,3	22,6	126,3	126,9	47,6
21	10,3	11,1	136,6	138	61,1
23	10,9	10,2	147,5	148,2	69,1
27	8,9	9,6	156,4	157,8	77,5
29	17,6	18,1	174,0	175,9	83,8
34	15,9	14,9	189,9	190,8	99,8
36	14,7	12,8	204,6	203,6	105,9
41	20,3	19,5	224,9	223,1	127,4
44	18,2	22,0	243,1	245,1	141,8
48	2,9	17,9	246,0	263,0	157,3
51	0	21,1	246,0	284,1	171,6
55	0	25,9	246,0	310,0	192,5
58	0	22,1	246,0	332,1	205,0
62	0	22,8	246,0	354,9	230,8
65	0	22,2	246,0	377,1	245,6
69	0	21,2	246,0	398,3	266,9
71	0	22,4	246,0	420,7	280,4
77	0	22,4	246,0	443,1	308,2
79	0	20,9	246,0	464,0	319,0
85	0	33,6	246,0	497,6	343,0
90	0	18,0	246,0	515,6	356,7
97	0	22,2	246,0	537,8	377,6
99	0	0	246,0	537,8	381,2
Total	246,0	537,8	246,0	537,8	381,2

A Figura 2 é uma outra forma de apresentar a Figura 1, na qual foram consideradas apenas três dias (50, 78 e 99 dias após o plantio – dap) para observação da extração da água do solo, no ensaio do sorgo sob estresse. Entre 78 e 50 dap foram extraídos do solo, até a profundidade de 60 cm, cerca de 27 mm de água (média aproximada de 1,0

mm/dia no período) e entre 99 e 78 dap cerca de 15 mm (média aproximada de 1,3 mm/dia no período). Observou-se pela Tabela 1 que, nesses mesmos períodos, a ETc esteve com taxa de 5,3 mm/dia (entre 78 e 50 dap) e 3,2 mm/dia (entre 99 e 78 dap). Isso comprova que o sorgo estava sob estresse, consumindo água armazenada no solo, mas utilizando os seus mecanismos fisiológicos (com a conseqüente baixa taxa de transpiração) para “economizar” água.

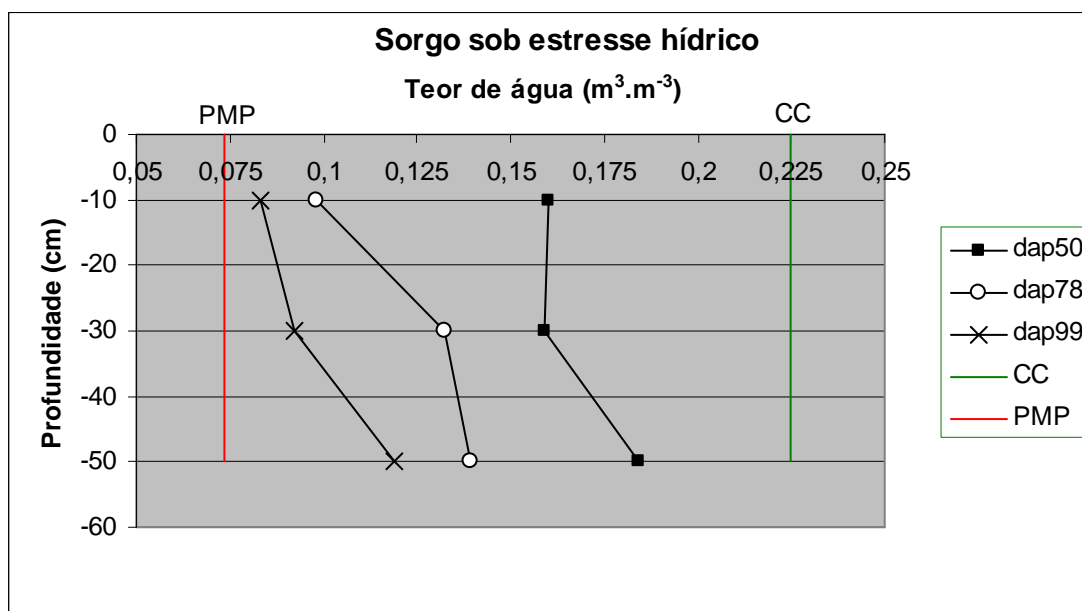


Figura 2 – Perfil de extração de água de sorgo submetido a estresse hídrico, em função da profundidade do solo, aos 50, 78 e 99 dias após o plantio (dap). As linhas CC e PMP correspondem aos teores de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente (Nova Porteirinha, MG, 2003)

A Tabela 2 foi gerada a partir do relatório de uma planilha eletrônica de manejo de irrigação (Albuquerque, 2007), que foi alimentada com dados de solo, clima e cultura. Essa tabela apresenta o resumo do total das lâminas de água requerida e utilizada, as irrigações efetuadas (quantidade e lâminas bruta e líquida), o déficit e a lâmina residual de água no solo no fim do ciclo fenológico, para as condições com e sem estresse hídrico imposto ao sorgo. A lâmina requerida representa a evapotranspiração máxima da cultura (ETc), ou seja, sem considerar fatores limitantes, inclusive restrição hídrica. A lâmina utilizada pela cultura inclui, além da lâmina líquida (LL) e chuva (não ocorrida) efetivas, a variação da umidade no solo no início e fim do ciclo. Na condição sem estresse, a lâmina utilizada (360,3 mm) foi menor que a LL (417,3) porque houve um excesso de lâmina residual no solo no final do ciclo (57,0 mm), ou seja, lâmina que efetivamente não foi utilizada pelas plantas. Já na condição com estresse, toda a água armazenada no solo foi utilizada, isto é, a lâmina utilizada foi igual à lâmina líquida (235,5 mm), sem gerar lâmina residual no solo (0,0 mm). A lâmina bruta (LB) representa a quantidade total de água aplicada e, no presente caso, o valor que ultrapassou a LL significa água aplicada em excesso que pode ter sido percolada para além da zona radicular. Mesmo na cultura submetida ao estresse hídrico houve um pequeno excesso, pois a LB (246,0 mm) ficou um pouco acima da LL (235,5 mm), porque no início do ciclo, quando ainda não havia diferença entre tratamentos irrigado e não irrigado,

houve algum excesso nas irrigações. Finalmente, o déficit (de 37,3% para a condição de estresse) significa a diferença entre a evapotranspiração máxima (ETc) e a real (ETr) em relação à máxima, ou seja, $(ETc-ETr) / (ETc)*100$, o que é aproximadamente o mesmo que a relação entre a água utilizada e a requerida.

Tabela 2 – Resumo do total das lâminas de água requerida e utilizada, de irrigação efetuada (quantidade, lâminas bruta – LB - e líquida – LL), déficit e lâmina residual de água no solo em sorgo sem estresse e com estresse hídrico (Nova Porteirinha, MG, 2003)

Lâmina de água (mm)		Irrigação efetuada			Déficit	Lâmina residual no solo (mm)
Requerida	Utilizada	quantidade	LB (mm)	LL (mm)	(%)	
Sem Estresse hídrico						
381,2	360,3	27	537,8	417,3	0,0	57,0
Com estresse hídrico						
381,2	235,5	15	246,0	235,5	37,3	0,0

De acordo com os resultados, a metodologia de imposição de estresse aos trabalhos de avaliação de genótipos de sorgo tolerantes à seca em pós-florescimento, para a região do norte de Minas Gerais, mostrou-se satisfatória, pois o déficit hídrico imposto atingiu um patamar de cerca de 40%, que pode ser considerado como um estresse hídrico de magnitude moderada.

Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, P.E.P. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2007. 18p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 97).
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 385p.
- NGUYEN, H. T.; XU, W.; ROSENOW, D. T.; MULLET, J. E.; McINTYRE, L. Use by biotechnology in sorghum drought resistance breeding. In: International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet, Lubbock, 1996 **Proceedings...** Lubbock, USAID, INTSORMIL, ICRISAT, 1997. p. 412-424.
- SANTOS, F. G. ; CASELA, C. R. ; WAQUIL, J. M. . Melhoramento de Sorgo. In: BORÉM, A.. (Org.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2a. ed. Viçosa, MG.: Editora UFV., 2005, v. 1, p. 429-466.
- TARDIN, F.D.; SANTOS, F.G.; RODRIGUES, J.A. S.; MAGALHÃES, J.V.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE, C.L.T.; QUEIROZ, L.R.; SCHAFFERT, R.E. Avaliação de genótipos de sorgo submetidos ao estresse hídrico após seu florescimento. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 27, Londrina. **Anais...** Londrina: ABMS, 2008. (no prelo).
- XU, W. M.; SUBUDHI, P. K.; CRASTA, O. R.; ROSENOW, D. T.; MULLET, J. E.; NGUYEN, H. T. Molecular mapping of QTLs conferring stay-green in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Genome** 43(3) p. 461-469, 2000.