

## Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino em Dois Níveis de Saturação por Alumínio Visando a Produção de Etanol<sup>1</sup>

Mateus Saturnino Oliveira<sup>2</sup>, Rafael Augusto da Costa Parrella<sup>3</sup>, Vander Fillipe de Souza<sup>4</sup>, Robert Eugene Schaffert<sup>3</sup>, Samuel Moreira Moura<sup>2</sup>, Pedro César de Oliveira Ribeiro<sup>2</sup>, Camila Simão Mourão<sup>5</sup>, Pedro Henrique Borges Machado<sup>5</sup>, Luiz Carlos de Andrade<sup>2</sup>, Alexandre Gonçalves Ferreira<sup>2</sup>.

### Resumo

Este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o efeito do alumínio tóxico em caracteres de interesse do sorgo sacarino. Para isso, foi avaliado o desempenho de 10 cultivares de sorgo sacarino em dois níveis de saturação por alumínio, 0% (controle) e 40%, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas - MG. As características avaliadas foram: Produção de Massa Verde (PMV), Sólidos Solúveis Totais (SST), Altura de Plantas (AP) e Florescimento (Flor). Verificou-se diferenças significativas entre genótipos para todos os caracteres avaliados, mostrando que as cultivares apresentam diferenças genéticas entre si, quanto aos caracteres avaliados. Observou-se também diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre os ambientes para os caracteres avaliados. Foi verificada interação genótipos x ambientes significativa ( $p < 0,05$ ) para as características Florescimento, PMV e Brix, mostrando comportamento diferencial dos cultivares nos ambientes avaliados. Verificou-se que o alumínio tóxico causou pequeno aumento nos valores de °brix, mas reduziu fortemente o porte e produção de massa verde, além de ampliar o ciclo dos genótipos de sorgo sacarino avaliados.

### Introdução

O Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta-se como interessante matéria-prima para produção de etanol, tanto do ponto de vista agrônomo quanto industrial. Por apresentar colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis assim como a cana-de-açúcar, o sorgo sacarino se enquadra perfeitamente no sistema de produção do setor sucroalcooleiro. Outra possibilidade vislumbra atender o sistema de produção voltado para agricultura familiar e para cooperativas de produtores baseados em micro e mini destilarias de etanol ou produção de aguardente (Ribeiro Filho et al. 2008). A cultura do sorgo se sobressai em regiões marginais, onde não se produz cana, com baixa precipitação e solos ácidos (Schaffert and Borgonovi, 1980). A toxicidade ao alumínio é um dos principais fatores limitantes a expansão da produção de plantas em solos ácidos, os quais representam uma grande área com capacidade produtiva em regiões tropicais e subtropicais (Echart and Cavalli-Molina, 2001).

Progressos na definição e conhecimento dos mecanismos de tolerância ao alumínio dependem da compreensão da reação das plantas a este elemento em sua forma tóxica (Bennet and Breen, 1991), tem havido um crescente interesse na seleção de plantas tolerantes que possam ser utilizadas em áreas com problemas de toxidez de Al. A maior parte dos solos brasileiros sob “cerrado” reconhece (cerca de 2 milhões de Km<sup>2</sup>) apresenta valores de Ph inferiores a 5,0 associado, quase sempre, a níveis tóxicos de Al trocável (Olmos and Camargo, 1976). Conhecemos ainda muito pouco os mecanismos envolvidos nos processos de tolerância e de resistência de algumas espécies (Watanabe & Osaki, 2002). É constante a tentativa de melhoria das plantas cultivadas para superar os problemas de toxicidade de Al (de la Fuente et al., 1997).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do alumínio tóxico em caracteres de interesse da cultura do sorgo sacarino.

### Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em dois ambientes na fazenda experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete lagoas-MG, na safra agrícola-2011/2012; sendo um em faixa controle (A) com 0% de saturação com alumínio e outro em faixa (B) com 40% de saturação com alumínio. A semeadura foi feita pra ambas as faixas na mesma data. Foram avaliados 10 cultivares de sorgo sacarino do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por duas fileiras de 5 metros de comprimento e espaçadas por 0,70 m. A população utilizada foi de 125.000 plantas ha<sup>-1</sup> e

adubação de plantio de 400 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 e 200 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia em cobertura. Procedeu-se irrigação complementar durante períodos de veranicos e demais tratos culturais foram normalmente utilizados para a cultura.

As avaliações foram feitas nas duas fileiras de cada parcela e as características avaliadas forma: Produção de Massa Verde (PMV), Sólidos Solúveis Totais (SST), Altura de Plantas (Altura) e Florescimento (Flor). A Produção de Massa Verde foi determinada pelo peso de todas as plantas da parcela colhidas na época de maturação fisiológica dos grãos, convertido para t.ha<sup>-1</sup>. Os teores de Sólidos Solúveis Totais do caldo foram mensurados por meio de refratômetro digital de leitura automática, com resultado em °brix. O caldo foi extraído a partir de uma amostra de 500g dos colmos desfibrados e homogeneizados, em prensa hidráulica, de acordo metodologia sugerida pelo (Consecana, 2006). A Altura de Plantas foi determinada pela média das plantas de cada parcela, da superfície do solo ao ápice da panícula, em metros. E o Florescimento determinado pelo número de dias do plantio ao florescimento de 50% das plantas da parcela. Para análise de dados foram realizadas análises conjuntas entre os ambientes para todos os caracteres avaliados e o teste de média empregado foi Scott-Knott (1974), por meio do programa Sisvar 4.1 (FERREIRA 2008).

### Resultados e Discussão

Os resumos das análises de variância para produção de massa verde (PMV), sólidos solúveis totais (SST), altura de plantas (AP) e florescimento (flor) estão apresentadas na tabela 1. Verifica-se diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre genótipos para todos os caracteres avaliados, mostrando que as cultivares apresentam diferenças genéticas entre si. Verificaram-se também diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre os ambientes, confirmando o efeito do alumínio nos caracteres avaliados. Foi verificada interação genótipos x ambientes ( $p < 0,05$ ) para as características Florescimento, PMV e Brix, mostrando comportamento diferenciado dos genótipos nos ambientes avaliados. Não foi detectada interação genótipos x ambiente significativo para altura de plantas, mostrando comportamento coincidente dos genótipos nos ambientes avaliados. A altura média no ambiente com 0% de saturação de alumínio foi de 3,458m e no ambiente de 40% de saturação de alumínio 2,378m, mostrando que o alumínio tóxico reduz fortemente (31%) o porte da planta.

Na tabela 2 estão os desdobramentos dos genótipos dentro de cada ambiente avaliado. Para todos os genótipos avaliados verificou-se aumento no número de dias para florescimento no ambiente com alumínio, verificando que o alumínio tóxico aumentou o ciclo dos genótipos. Verificou-se também, forte redução na produção de massa verde para todos os genótipos no ambiente com alumínio tóxico. Para a característica sólidos solúveis totais houve aumento dos teores no ambiente com 40% de saturação de alumínio para todos os genótipos avaliados, exceto para os genótipos BR 501, BRS508 e CMSXS646, que não apresentaram diferença significativa pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade para os níveis de saturação por alumínio. Apesar do incremento nos teores de °brix, o ambiente com alumínio reduziu drasticamente o porte e conseqüentemente a produção de massa verde dos genótipos confirmando o efeito negativo deste elemento na produção de biomassa. Para as características de florescimento houve aumento do ciclo (dias) no ambiente com 40% de saturação de alumínio para todos os genótipos avaliados, porém, as médias seguidas pelos genótipos BR501, CMSXS646 e CMSXS647, não apresentam diferença estatística.

Tabela 1 – Análise de variância da Produção de Massa Verde (PMV) em t/ha, Sólidos Solúveis Totais (SST) em °brix, altura de plantas (Altura) em metros e número de dias para o florescimento (Flor), de dez genótipos de sorgo sacarino avaliados em ambientes com 0% e 40% de saturação de alumínio no solo, em Sete Lagoas-MG, na safra 2011/2012.

FV	GL	QM			
		Florescimento	Altura	PMV	Brix
Blocos/Ambientes	4	6,48	0,15	101,71	0,10
Genótipos	9	207,27 **	0,24 **	372,81 **	14,10 **
Ambientes	1	735,00 **	17,50 **	12021,33 **	37,92 **
Genótipos x Ambientes	9	18,70 *	0,12 NS	112,79 **	1,79 **

Resíduo	36	7,06	0,08	38,15	0,58
Média		90	2,92	39,40	15,88
CV(%)		2,94	9,47	15,68	4,80

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F; <sup>ns</sup> não-significativo pelo teste F.

Tabela 2 – Média das características de florescimento, produção de massa verde (PMV), sólidos solúveis totais (SST) pelo teste Scott-Knott de 10 cultivares de sorgo sacarino em Sete Lagoas – MG, na safra 2011/2012.

Cultivares	Florescimento		Produção de Massa Verde				Brix	
	0% Al	40% Al	0% Al	40% Al	0% Al	40% Al		
BR501	80 A c	82 A d	35,619 A c	14,571 B b	13,07 A d	13,07 A d		
BR505	84 B b	96 A b	51,857 A b	25,047 B b	16,20 B b	17,87 A a		
BRS506	92 B a	101 A a	40,476 A c	16,095 B b	12,90 B d	16,63 A b		
BRS509	92 B a	101 A a	53,048 A b	24,095 B b	15,60 B b	17,07 A b		
BRS 511	88 B a	98 A a	56,857 A b	21,429 B b	16,17 B b	17,70 A a		
CMSXS638	92 B a	101 A a	69,238 A a	21,714 B b	14,37 B c	16,60 A b		
CMSXS630	86 B b	92 A b	57,238 A b	32,000 B a	16,13 A b	17,23 A b		
BRS 508	90 B a	98 A a	47,143 A c	28,096 B a	17,73 A a	18,43 A a		
CMSXS646	84 A b	88 A c	66,000 A a	32,000 B a	16,00 A b	16,70 A b		
CMSXS647	81 A c	83 A d	58,095 A b	37,429 B a	12,63 B d	15,40 A c		

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo.

O florescimento a média geral na análise conjunta foi de 90 dias, com variação de 82 dias para o BR501 a 101 dias para os genótipos BR506, BRS509 e CMSXS638 no ambiente com 40% de Al e variação de 80 dias para o BR501 a 92 dias para os genótipos BR506, BRS509 e CMSXS638 no ambiente com 0% de Al.

Para o PMV apresentou média geral igual a 39,40 t.ha<sup>-1</sup> na análise conjunta, com variação entre 14,57 t.ha<sup>-1</sup> para o BR 501 a 37,43 t.ha<sup>-1</sup> para o CMSXS 647 no ambiente com 40% Al e 35,62 t.ha<sup>-1</sup> para o BR 501 a 69,24 t.ha<sup>-1</sup> para o CMSXS638 no ambiente com 0% Al. O teor de Sólidos Solúveis Totais apresentou média geral de 15,88°brix, com variação de 13,07°brix para o BR501 a 18,43 para o BRS 508 no ambiente com 40% de Al e 12,63°brix para o CMSXS647 e 17,73°brix para o BRS 508 no ambiente com 0% Al. Para altura, a média foi 2,92m, com variação de 1,93m para o BR501 a 2,90m para o CMSXS646 no ambiente com 40% de Al e 3,17m para o CMSXS630 a 3,87m para o CMSXS638 no ambiente com 0% de Al.

Do exposto, depreende-se que o alumínio tóxico causou pequeno aumento nos valores de °brix, mas reduziu fortemente o porte e produção de massa verde, além de ampliar o ciclo dos genótipos de sorgo sacarino avaliados.

### Agradecimentos

O Centro Nacional de Pesquisa em Milho e Sorgo – CNPMS/EMBRAPA pela oportunidade de realizar este trabalho a FAPED, CNPq e Fapemig pelo auxílio financeiro na condução do projeto.

### Referências

Cambraia J (1991) Método simples pra avaliação de cultivares de sorgo quanto à tolerância ao alumínio. R.Bras. Fisiol. Veg., 3(2):87-95.  
 CNPMS (2010) Disponível em:< [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/index.htm)>. Acesso em: 01 maio de 2011.

- Conceição et al. (2008) Tolerância ao Alumínio em Plantas: Toxicidade, mecanismos e Genes em Espécies Cultivadas. R. Bras. Agrociência, Pelotas, v.14, n.3-4, p.01-10, jul-set.
- Ferreira DF (2008) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Symposium 6: 36-41.
- Parrella RAC (2009) Seleção de Cultivares de Sorgo Sacarino Tolerantes ao Alumínio Tóxico em Solução Nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Vitória. O melhoramento e os novos cenários da agricultura: anais. Vitória: Incaper, 2009.
- Prado CHBA, Casali CA (2006) Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri, editora Manole, 2006. ISBN: 85.204.1553-9.
- Ribeiro Filho NM, Florêncio IM, Rocha AS, Dantas JP, Florentino ER, Silva FLH (2008) Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. R. Bras. de Prod. Agroindus. 1:9-16.