

## Comparação entre métodos para o estudo da adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo sacarino

**Ruane Alice da Silva<sup>(1)</sup>; Rafael Augusto da Costa Parrella<sup>(2)</sup>; Pakizza Sherma da Silva Leite<sup>(3)</sup>; Dalila Dominique Duarte Rocha<sup>(4)</sup>; André May<sup>(5)</sup>; Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella<sup>(6)</sup>; Robert Eugene Schaffert<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Graduanda em Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas - MG; ruane.alice29@gmail.com; <sup>(2)</sup> Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo <sup>(3)</sup> Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas; Universidade Federal de Lavras <sup>(4)</sup> Mestranda em produção vegetal; Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas - MG; <sup>(5)</sup> Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo <sup>(6)</sup> Professora Adjunta; Universidade Federal de São João del-Rei; <sup>(7)</sup> Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo.

**RESUMO:** O sorgo sacarino tem se destacado cada vez mais no cenário energético, dessa forma estudos na área são de extrema importância. Diante disso o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes métodos estatísticos de análise da adaptabilidade e estabilidade e indicar genótipos de interesse em sorgo sacarino. Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2015/2016 em Sete Lagoas-MG, Janaúba-MG, e Jaguariúna-SP. Utilizaram-se 25 cultivares de sorgo sacarino, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Foram avaliadas as seguintes características: produção de massa verde (PMV, kg.ha<sup>-3</sup>), teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix) e toneladas de brix por hectare (TBH, t.ha<sup>-1</sup>). As análises foram desenvolvidas no programa estatístico-computacional GENES. Os dados foram submetidos a análise de variância e a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foi avaliada por meio dos seguintes métodos Annicchiarico (1992), Lin e Binns (1988), Wricke e Weber (1986). Cada método classificou genótipos diferentes para cada característica, destacando que os genótipos que se apresentaram mais estáveis e adaptáveis foram 2015(B)005, 2015(B)008, 2015(B)012, 2015(B)020 e BRS511, associando maior peso de massa verde com maior valor de sólidos solúveis totais sendo de interesse para o desenvolvimento de híbridos de sorgo sacarino. Ressaltando que para a determinação da adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo sacarino os métodos Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988) expressaram resultados coerentes entre si, diferentes dos obtidos pelo método de Wricke e Weber (1986), que optam pela escolha de genótipos altamente estáveis, no entanto com baixa adaptabilidade, o que é indesejável.

**Termos de indexação:** *Sorghum bicolor*, ambientes, interação.

### INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) tem se destacado cada vez mais no setor sucroenergético, sendo uma cultura complementar para ser utilizada na entressafra da cana-de-açúcar. Apresenta características agroindustriais favoráveis como mecanização total da cultura, ciclo curto e altos teores de açúcar no colmo (MAY et al., 2014). Porém, ainda existe a necessidade de diversos estudos para o manejo ideal dessa cultura, visto que o sorgo sacarino vem passando por um processo de adaptação dentro do cenário energético (SCHAFFERT et al., 2011).

Alguns desses estudos, que garantem a indicação de genótipos aptos para determinadas regiões, são os de adaptabilidade e estabilidade. Eles são de extrema importância na fase final dos programas de melhoramento, isso porque, por meio deles, pode-se indicar cultivares de comportamento mais estável e de desempenho superior, associadas em situações de variações ambientais (CRUZ et al., 2010). Os métodos a serem utilizados para estes estudos vão variar, de acordo com a precisão experimental e número de ambientes avaliados, ficando ao cargo do melhorista escolher o que se adéqua mais as suas condições experimentais (SOUZA et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes métodos estatísticos de análise da adaptabilidade e estabilidade e indicar genótipos de interesse em sorgo sacarino.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2015/2016 em Sete Lagoas, região Central de Minas Gerais, Janaúba, no Norte de Minas e em Jaguariúna, região metropolitana de Campinas-SP.

### Tratamentos e amostragens

Utilizaram-se 25 cultivares de sorgo sacarino, sendo 20 híbridos (2015(B)001 a 2015(B)020), 4 variedades (CMSXS646, CMSXS647, BRS508 e BRS511) pertencentes ao programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e um híbrido comercial (CV198). As parcelas foram dispostas em 2 fileiras de 5 metros de comprimento, espaçadas 0,7 m entre as linhas, onde foram avaliadas as seguintes características: produção de massa verde (PMV),  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-3}$ , teor de sólidos solúveis totais (SST) em  $^{\circ}\text{Brix}$  e toneladas de brix por hectare<sup>-1</sup> (TBH). O PMV foi obtido a partir da pesagem das duas linhas de cada entrada e o peso em Kg foi convertido em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-3}$ . A medida de SST foi determinada com o auxílio de um refratômetro digital, em que a leitura é dada de forma direta em  $^{\circ}\text{Brix}$  do caldo extraído dos colmos. Para toneladas de brix por hectare foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{TBH} = \text{PMV} \cdot (\text{SST}/100)$$

### Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. As análises foram realizadas no programa estatístico-computacional GENES (CRUZ, 2013). Após realizada a análise de variância foram utilizados os seguintes métodos para estudo da adaptabilidade e estabilidade: Annicchiarico (1992), Lin e Binns (1988), Wricke e Weber (1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para produção de massa verde (PMV), em  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , teor de sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, e toneladas de brix por hectare (TBH), em  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , estão apresentados na Tabela 1. Os resultados da análise de variância demonstraram valores significativos para todas as características, exceto para PMV e TBH em relação a fonte de variação cultivares. Para as características de PMV e TBH em relação ao ambiente foi verificada diferença estatística de ( $p \leq 0,01$ ) e para SST ( $p \leq 0,05$ ), demonstrando variabilidade entre os ambientes. Para fonte de variação Cultivares x Ambientes, todas as características expressaram probabilidade de 1 % no teste F, comprovando que o comportamento dos cultivares diferiu em todos os ambientes.

**Tabela 1** – Análise de variância para produção de massa verde (PMV), em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-3}$ , teor de sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, e toneladas de brix por hectare (TBH), em  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , avaliados em cultivares de sorgo sacarino, na safra 2015/2016, em Sete Lagoas-MG, Janaúba-MG, Jaguariúna-SP.

FV	GL	PMV	SST	TBH
Cultivares	24	28,212 ns	3,215 *	37,372 ns
Ambiente	2	0,138 **	3,136 *	0,101 **
Cult x Amb	48	0,001 **	0,433 **	0,016 **
MÉDIA		61,466	18,135	11,144
CV(%)		18,939	9,408	22,250

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

Considerando a análise geral de todos os métodos, no método de Annicchiarico (1992) a escolha dos materiais deve ser feita a partir do índice Wi. Quanto maior esse índice, mais adaptável e estável é o genótipo para determinada característica, ou seja, apresenta maior média e menor desvio padrão. Para a variável PMV, os materiais que obtiveram índice de confiança, maior que 100, foram os genótipos 201543(B)004, 201543(B)005, 201543(B)012, 201543(B)020, BRS 511 e CV198 (Tabela 1). Isso significa que esses genótipos apresentam menores riscos de estarem abaixo da média geral para PMV. Para SST, os genótipos 201543(B)007, 201543(B)008, 201543(B)012, 201543(B)015, 201543(B)016, 201543(B)019 e BRS 508 foram superiores. Considerando a variável TBH, os genótipos superiores foram: 201543(B)005, 201543(B)008, 201543(B)012, 201543(B)020, BRS 511 (Tabela 2). Pode-se então observar que apenas o genótipo 201543(B)012 se repetiu para as três características.

Para a metodologia de Lin e Binns (1988), o genótipo mais estável é o que apresenta menor Pi (índice de estabilidade do genótipo). Esse apresenta maior média tanto no ambiente favorável quanto no ambiente desfavorável. Verificou-se que os

genótipos 201543(B)002, 201543(B)004, 201543(B)005, 201543(B)008, 201543(B)0012, 201543(B)014, 201543(B)020, BRS 511 e CV198 obtiveram menores níveis de Pi para PMV (Tabela 2). Os genótipos 201543(B)007, 201543(B)008, 201543(B)009, 201543(B)012, 201543(B)015, 201543(B)016, 201543(B)019, BRS508 e BRS 511 tiveram menores Pi para SST (Tabela 2). Para variável TBH os genótipos mais estáveis e que apresentaram, maiores medias foram os 201543(B)002, 201543(B)005, 201543(B)008, 201543(B)009, 201543(B)012, 201543(B)014, 201543(B)020, BRS 511 e CV198 (Tabela 2). Diferentemente do método anterior, não só o genótipo 201543(B)012, mas também os genótipos 201543(B)008 e BRS511 apresentaram baixo Pi para as três variáveis.

O método de Wricke e Weber (1986) estima que o genótipo mais estável é o que apresenta menor ecovalência ( $w_i$  %), ou seja, o que apresenta menor contribuição para a interação genótipo x ambiente. Os genótipos considerados mais estáveis por este método para PMV foram os 201543(B)004, 201543(B)005, 201543(B)006, 201543(B)012, 201543(B)013, 201543(B)020, CMSXS647 e BRS 511 (Tabela 2). Para os sólidos solúveis totais, foram os genótipos 201543(B)002, 201543(B)003, 201543(B)005, 201543(B)006, 201543(B)007, 201543(B)014, 201543(B)016 e BRS508, e para TBH, os genótipos 201543(B)005, 201543(B)006, 201543(B)011, 201543(B)012, 201543(B)015, 201543(B)016, CMSXS647 e BRS511 (Tabela 1). Os genótipos coincidentes para as três características foram 201543(B)005 e 201543(B)006.

Em estudos de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino utilizando o método de Annicchiarico (1992), Souza et al., 2013, concluiu que as variedades CMSXS646 e CMSXS634(BRS511) foram os genótipos mais adaptado e estáveis, superando os híbridos avaliados. Nos estudos de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino utilizando o método GGEbiplot, Figueiredo et al., 2015, verificaram que a variedade BRS511 apresentou-se como uma cultivar duplamente desejável, superando os híbridos avaliados. Estes resultados corroboram com os obtidos neste trabalho, em que a variedade BRS511 expressa adaptação e estabilidade, podendo ser utilizada com eficiência para produção de etanol.

Os caracteres PMV e o SST são diretamente correlacionados com a produção de etanol (MURRAY et al., 2008; LOMBARDI et al., 2015). O THB é um índice que combina o PMV e o SST,

sendo um importante caráter para seleção de genótipos superiores de sorgo sacarino. Considerando esta característica, destacaram-se os híbridos B005, B008, B012, B020 e BRS511, visando à produção de etanol.

### CONCLUSÕES

As metodologias de estudo da adaptabilidade e estabilidade Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988) expressaram resultados coerentes entre si, diferentes dos obtidos pelo método de Wricke e Weber (1986), que optam pela escolha de genótipos altamente estáveis, no entanto, com baixa adaptabilidade, o que é indesejável.

Os genótipos que se apresentaram mais estáveis e adaptados segundo os métodos de Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1998) foram B005, B008, B012, B020 e BRS511, associando maior peso de massa verde com maior teor de sólidos solúveis totais, sendo de interesse para a produção de etanol.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Milho e Sorgo, ao Projeto Sweetfuel, à Universidade Federal de São João del-Rei, ao CNPq, e à Fapemig, pelo apoio na realização deste trabalho.

### REFERÊNCIAS

- ANNICCHIARICO, P.; **Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy.** Journal of Genetics and Plant Breeding, New Jersey, v. 46, p. 269-278, 1992.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M. V.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; FILHO, M. R. A. **Cultivo do milho.** 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1).
- CRUZ, C. D. GENES: **a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- FIGUEIREDO, U. J. de; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. da C.; SOUZA, E. D.; SILVA, A. R. da; EMYGDIO, B. M.; MACHADO, J. R. A.; TARDIN, F. D. **Adaptability and stability of genotypes of sweet sorghum by GGEbiplot and Toler methods.** Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 11211-11221, 2015.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. **A method of analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter.** Theoretical and Applied Genetics, New York, v. 76, n. 3, p. 425-430, 1988.

LOMBARDI, G. M. R.; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. C.; TEIXEIRA, D. H. L.; BRUZI, A. T.; DURÃES, N. N. L.; FAGUNDES, T. G. **Path analysis of agro-industrial traits in sweet sorghum**. Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 14, n. 4, p. 16392-16402, 2015.

MURRAY, S. C., SHARM, A., ROONEY, W. L.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E., MITCHELL, S. E., ; KRESOVICH, S. **Genetic Improvement of Sorghum as a Biofuel Feedstock: I. QTL for Stem Sugar and Grain Nonstructural Carbohydrates**. Crop Sci. 48:2165–2179 (2008). doi: 10.2135/cropsci2008.01.0016

MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C.; DAMASCENO, C. M. B.; SIMEONE, M. L. F. **Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 14-20, jan./fev. 2014.

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C.; MAY, A.; DURAES, F. O. M. **Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino**. Agroenergia em Revista, Brasília, v. 2, n. 3, p. 47, ago. 2011.

SOUZA, V. F. DE; PARRELLA, R. A. DA C.; TARDIN, F. D.; COSTA, M. R.; CARVALHO JUNIOR, G. A. DE; SCHAFFERT, R. E. **Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Londrina, v. 13, p. 144-151, 2013.

WRICKE, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.





## XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar"

**Tabela 2.** Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 25 cultivares de sorgo sacarino avaliados em três ambientes no Brasil nos anos de 2015 e 2016, pelos métodos de Annicchiarico, de Lin & Binns (L&B) e Wricke & Weber, para três características, sendo elas produção de massa verde (PMV), kg.ha<sup>-3</sup>, teor de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix e toneladas de brix por hectare<sup>-1</sup> (TBH), além da média geral de cada uma para os três ambientes.

Cultivares	Características			Annicchiarico			Lin e Binns			Wricke & Weber		
	Média (PMV)	Média (°Brix)	Média (TBH)	Wi (PMV)	Wi (°Brix)	Wi (TBH)	Pi geral (PMV)	Pi geral (°Brix)	Pi geral (TBH)	ωi % (PMV)	ωi % (°Brix)	ωi % (TBH)
201543(B)001	56.39	17.83	9.85	79.03	93.34	76.48	763.18	5.24	29.23	1.92	3.72	2.02
201543(B)002	61.64	18.07	11.00	91.32	96.81	90.90	490.36	4.01	17.15	3.67	1.25	2.80
201543(B)003	60.55	17.92	10.85	82.96	98.05	82.15	659.75	4.15	23.02	4.08	0.11	3.16
201543(B)004	65.02	17.99	11.31	104.06	88.96	93.86	459.45	5.68	18.10	0.16	18.10	1.56
201543(B)005	64.73	17.87	11.51	103.62	96.76	100.58	438.28	4.12	15.28	0.14	0.62	0.26
201543(B)006	61.95	17.69	10.85	97.33	96.23	94.76	505.56	5.10	19.04	0.51	0.22	0.22
201543(B)007	54.84	19.13	10.56	74.25	103.14	78.76	1006.77	1.30	26.47	10.47	0.98	7.76
201543(B)008	64.80	19.91	12.86	95.63	105.48	105.00	493.22	0.35	10.74	1.98	2.99	2.22
201543(B)009	68.21	18.63	12.87	94.57	99.39	94.70	518.52	3.08	15.25	7.77	1.76	9.71
201543(B)010	57.02	17.47	10.07	84.39	91.56	82.37	639.94	6.87	23.14	2.56	3.90	1.39
201543(B)011	54.56	18.48	10.09	79.45	92.71	86.35	848.37	5.01	23.38	4.49	14.67	1.09
201543(B)012	66.85	19.79	13.36	105.99	103.10	115.12	412.62	1.16	7.29	0.08	5.86	0.92
201543(B)013	56.78	17.11	9.80	85.31	90.20	75.91	750.23	7.96	29.33	0.84	2.79	1.82
201543(B)014	62.79	18.12	11.43	90.53	98.46	92.67	440.84	4.06	14.81	3.82	0.36	2.34
201543(B)015	52.60	18.70	9.72	76.37	100.14	79.86	809.82	2.33	25.46	1.55	1.56	1.46
201543(B)016	58.55	19.40	11.46	89.34	106.08	96.05	728.61	1.14	18.32	1.75	0.10	1.24
201543(B)017	60.78	16.47	9.86	83.25	82.22	73.40	562.52	11.94	29.45	2.97	10.05	2.70
201543(B)018	57.74	16.63	9.76	78.37	86.76	68.91	660.82	10.04	28.43	2.45	4.01	2.71
201543(B)019	63.35	19.14	12.15	81.85	102.79	84.06	780.19	1.79	21.35	15.91	1.32	15.76
201543(B)020	69.53	18.14	12.73	103.94	97.50	102.38	388.22	3.27	11.17	1.80	1.28	2.81
CMSXS 646	50.70	18.48	9.52	65.17	98.81	65.44	1082.10	3.60	34.93	5.42	1.48	6.27
CMSXS647	63.31	16.19	10.09	98.18	85.41	89.48	525.05	10.18	24.79	0.61	3.07	0.13
BRS 508	55.97	19.36	10.82	85.49	105.61	90.67	700.67	1.25	18.23	1.67	0.15	1.82
BRS 511	64.35	18.56	11.99	99.99	98.29	99.52	471.61	2.55	13.37	0.48	2.80	1.12
CV198	83.66	16.30	14.11	106.93	80.19	86.52	107.67	12.87	10.58	22.89	16.83	26.69