

## TEMPERATURA BASE INFERIOR E EXIGÊNCIA TÉRMICA DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO

ANDRIELI HEDLUND BANDEIRA<sup>1</sup>, SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS<sup>2</sup>,  
BEATRIZ MARTI EMYGDIO<sup>3</sup>, JEAN CECCHIM BIONDO<sup>2</sup>,  
NAYRA GRAZIELLE DA SILVA<sup>2</sup> e LINEU TRINDADE LEAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal Farroupilha, São Vicente do Sul, RS, Brasil - [andrieli\\_hedlund@hotmail.com](mailto:andrieli_hedlund@hotmail.com);

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil - [slpmedeiros@yahoo.com.br](mailto:slpmedeiros@yahoo.com.br);

[jean.biondo@hotmail.com](mailto:jean.biondo@hotmail.com), [nayra.grazielle@gmail.com](mailto:nayra.grazielle@gmail.com), [lineuleal@yahoo.com.br](mailto:lineuleal@yahoo.com.br);

<sup>3</sup>Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil - [beatriz.emygdio@embrapa.br](mailto:beatriz.emygdio@embrapa.br).

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.2, p. 240-250, 2016*

**RESUMO** - O trabalho teve o objetivo de estimar a temperatura base (Tb) para estudos de exigência térmica para quatro variedades de sorgo sacarino oriundos do programa de melhoramento da Fepagro (Fepagro 19) e da Embrapa (BRS 506, BRS 509 e BRS 511). Foram realizadas três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro) em dois anos agrícolas (2011/2012 e 2012/2013) em Santa Maria, RS. Os métodos utilizados para o cálculo da Tb foram o do menor desvio padrão em graus dia, menor desvio padrão em dias, coeficiente de variação em graus dia e coeficiente de regressão, seguindo a metodologia desenvolvida por Yang et al. (1995). A determinação da temperatura base inferior de cada genótipo auxilia na caracterização da exigência térmica específica dos genótipos de sorgo sacarino, favorecendo o planejamento da época de semeadura mais adequada, evitando uma possível estacionalidade de produção. Os valores de Tb para os genótipos estudados variam entre 8,2 °C e 14,8 °C, dependendo do método de estimativa da Tb. Os valores médios estimados para as variedades de sorgo sacarino foram de 11,6 °C; 11,8 °C; 8,9 °C; e 10,8 °C para os genótipos Fepagro 19, BRS 506, BRS 509 e BRS 511, respectivamente. O genótipo Fepagro 19 apresentou o maior ciclo vegetativo entre os genótipos estudados, sendo uma boa opção na sua utilização como dupla aptidão.

**Palavras-chave:** crescimento; desenvolvimento; graus dia; *Sorghum bicolor*; temperatura limiar.

## LOW BASE TEMPERATURE (Tb) AND THERMAL DEMAND OF SWEET SORGHUM GENOTYPES

**ABSTRACT** - The determination of the lower base temperature of each genotype assists the determination of the specific heat requirement of sorghum varieties, which can help the planning of the most appropriate time of sowing, avoiding losses in production. The work aimed to estimate the base temperature (Tb) for studies of thermal requirement of four sweet sorghum varieties from the breeding program of Fepagro (Fepagro 19) and Embrapa (BRS 506, BRS 509 and BRS 511). Three sowing dates (October, November and December) were used in two growing seasons (2011/2012 and 2012/2013) in Santa Maria, RS. The methods applied for calculation of Tb used the lower standard deviation in degree-days, lower standard deviation in days, coefficient of variation in degree days and regression coefficient, according to the methodology developed by Yang et al. (1995). Tb values for genotypes ranged from 8.2 to 14.8°C, depending on the method of estimation of Tb. The average values estimated for the varieties of sweet sorghum were 11.6, 11.8, 8.9 and 10.8 °C for 19 Fepagro, BRS 506, BRS 509 and BRS 511 genotypes, respectively. The Fepagro 19 genotype had the highest growth cycle among the genotypes studied, proving to be a good option to be used as a dual purpose.

**Key words:** growth; development; degree-days; *Sorghum bicolor*; threshold temperature.

A cultura do sorgo começou a se desenvolver no Brasil a partir da década de 1970 com o programa Pró-álcool, tornando-se uma das mais versáteis em termos de possibilidades de utilização. Dentre essas possibilidades, o uso de seus grãos como alimento humano e animal; como matéria-prima para a produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas; panículas para produção de vassouras; extração de açúcar de seus colmos; e como forrageira na nutrição de ruminantes (Ribas, 2008). Atualmente, a cultura do sorgo sacarino vem ganhando importância no cenário agrícola brasileiro por ser uma opção viável em áreas de renovação de canaviais e pastagens, bem como em áreas de solos hidromórficos. Em relação à produção de sorgo sacarino em solos hidromórficos, Emygdio et al. (2011) relatam que, considerando os caracteres agrônômicos e industriais para a produção de etanol, o genótipo CMSX634 destacou-se pela excelente produção de massa verde, pela boa porcentagem de extração de caldo e pelo teor de brix acima de 18%, sendo esses índices adequados e similares aos obtidos com a cana-de-açúcar. Além disto, seu ciclo de produção ocorre no período da entressafra da cana-de-açúcar, especialmente na região Centro-Sul, potencializando a produção de etanol e produtos artesanais no Rio Grande do Sul, permitindo assim um incremento de renda para os agricultores (Bandeira et al., 2012; Processamento..., 2012).

O Rio Grande do Sul, por não se caracterizar como região tradicional de produção de etanol, possui poucos relatos sobre o manejo de tratamentos culturais (épocas de semeadura, espaçamento entrelinhas, densidade de plantas, genótipos, entre outros) do sorgo sacarino. Especificamente para a região Central do RS, os últimos resultados relatados foram provenientes de pesquisas ocorridas na década de 1980.

Salienta-se que grande parte dos genótipos utilizados naquela época estão em desuso, pois os genótipos da atualidade são mais produtivos e, assim, com exigências térmicas específicas.

Uma recomendação correta de manejo é de suma importância para o sucesso da cultura, garantindo ao produtor a rentabilidade da atividade. Para que isso ocorra, é fundamental conhecer o ciclo fenológico da cultura, que para o sorgo sacarino é dividido em três fases: EC1 (subperíodo que compreende a germinação; o aparecimento da plântula; o crescimento e o desenvolvimento das folhas; e o estabelecimento do sistema radicular); EC2 (diferenciação do meristema apical em meristema floral; desenvolvimento da inflorescência até antese); e EC3 (maturação dos grãos e senescência das folhas) (Pinho & Vasconcelos, 2002).

Sob o ponto de vista fenológico, considera-se que o calendário biológico vegetal é influenciado pela temperatura do ar, podendo utilizar-se das variáveis morfogênicas como descritor de tempo biológico, o qual é contabilizado pelo “tempo térmico”, expresso em graus dia (°C dia). Silva (1989) cita que, apesar de outros elementos meteorológicos influenciarem o crescimento e o desenvolvimento do sorgo, a temperatura do ar é a variável mais importante, estando altamente correlacionada com o desenvolvimento da cultura. E uma das melhores maneiras de relacioná-la ao desenvolvimento é por meio do uso do sistema de unidades térmicas ou graus dia (Brunini et al., 1976). Sendo assim, o desenvolvimento vegetal é relacionado com o acúmulo da temperatura do ar acima da temperatura base inferior ( $T_b$ ), que corresponde ao valor de temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento ou este é tão lento que pode ser considerado desprezível (McMaster & Wilhelm, 1997). Portan-

to, a Tb é uma variável que está diretamente relacionada com a exigência térmica de uma cultura/genótipo e, desta forma, fornece informações necessárias ao zoneamento agrícola do sorgo sacarino.

O conhecimento da temperatura base inferior (Tb) dos genótipos de sorgo sacarino é de suma importância para compreender processos de desenvolvimento e crescimento da cultura, visto que existe uma soma térmica necessária para completar os eventos de ontogenia no decorrer do ciclo da cultura. Dessa forma, entender o ciclo fenológico do sorgo sacarino através de unidades térmicas, e não em dias após plantio ou em dias após emergência, pode minimizar erros de interpretação para os genótipos cultivados quanto ao tempo para a ocorrência de eventos fisiológicos na planta (Borges, 2006). Na literatura, existem trabalhos que estimaram a temperatura base para aparecimento de folhas em sorgo variando de 7 °C a 14 °C, sendo essa variação decorrente dos genótipos estudados.

Landau & Schaffert (2011) propuseram um zoneamento agrícola indicando as áreas aptas para o plantio de sorgo sacarino no Brasil, no qual a região Central do Rio Grande do Sul caracteriza-se pela predominância de áreas de média aptidão. Entretanto, os autores ressaltam que a proposta de um zoneamento é um primeiro passo que considera as informações atualmente existentes sobre a cultura. Assim, a determinação da temperatura base para os genótipos disponíveis no mercado, associada à disponibilidade térmica da região, são informações necessárias para o aprimoramento do zoneamento agrícola proposto.

Devido à aplicabilidade dos resultados relacionados a Tb associados com crescente importância da cultura do sorgo sacarino para produção de etanol, o trabalho teve por objetivo determinar a Tb a fim de caracterizar a exigência térmica de quatro genótipos

de sorgo sacarino.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul (29°43'S, 53°43'W e alt. de 95 m). O solo do local pertence à Unidade de Mapeamento Santa Maria (argissolo bruno acinzentado) (Santos et al., 2006). O clima da região é o Cfa (subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida), conforme classificação de Köppen (Moreno, 1961).

Foram usados quatro genótipos de sorgo sacarino cultivados em três épocas de semeadura durante os anos agrícolas de 2011/2012 e 2012/2013. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial (épocas de semeaduras x genótipos), com quatro blocos. Os genótipos de sorgo sacarino utilizados foram Fepagro 19 e os BRS 506, BRS 509 e BRS 511, oriundos dos programas de melhoramento da Fepagro/RS e da Embrapa Milho e Sorgo, respectivamente. As datas de semeadura foram 04/10, 15/11 e 17/12/2011 (ano I) e 24/10, 28/11 e 14/12/2012 (ano II), correspondendo a dois anos agrícolas.

A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas a partir de análise de solo, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (Manual..., 2004). Em 10 de agosto de 2011, foram aplicados 5,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 75,4%). Com base na análise de solo, a adubação de base foi de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) e 120 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K) no ano I e no ano II, respectivamente. Para ambos os anos, não foi necessária utilização de fósforo (P) (considerado muito alto, conforme Manual de adubação e calagem para os estados do RS e SC). A adubação nitrogenada em cobertura foi par-

celada em duas aplicações (perfilamento e alongamento), totalizando 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia. O solo foi convencionalmente preparado. A semeadura feita manualmente, em linhas espaçadas em 0,50 m e 0,70 m (os espaçamentos entrelinhas não influenciaram no crescimento e no desenvolvimento da cultura; posteriormente à análise, que não demonstrou diferença, os dados foram agrupados), com 5 m de comprimento, que constituíram a unidade experimental, na população inicial de 120 000 plantas por hectare, sendo este valor corrigido de acordo com a pureza e a germinação dos genótipos, determinadas no Laboratório de Análise de Sementes do Núcleo de Sementes/UFSM.

Os dados da temperatura do ar foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal da UFSM, pertencente ao 8º Disme/Inmet/MA, localizada a 600 m da área experimental. A temperatura base inferior (Tb) para cada genótipo foi determinada no subperíodo vegetativo e estimada pelas equações matemáticas propostas por Yang et al. (1995), sendo estas descritas a seguir:

a) Menor desvio padrão em graus dia (DPgdd):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot d_i \cdot \sum_{i=1}^n d_i - n \sum_{i=1}^n d_i^2 \cdot T_i}{(\sum_{i=1}^n d_i)^2 - n \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (1)$$

b) Menor desvio padrão em dias (DPdia):

$$Tb = T - \frac{(\sum_{i=1}^n t_i \cdot d_i)^2 - n \sum_{i=1}^n t_i^2 d_i^2}{n \sum_{i=1}^n d_i^2 t_i - n \sum_{i=1}^n t_i d_i \sum_{i=1}^n d_i} \quad (2)$$

c) Coeficiente de variação em graus dia (CVgdd):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot d_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n T_i d_i - \sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i^2 d_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i^2 \sum_{i=1}^n T_i d_i - \sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i d_i^2} \quad (3)$$

d) Coeficiente de regressão (CR)

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sum_{i=1}^n d_i T_i - n \sum_{i=1}^n d_i T_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i - n \sum_{i=1}^n d_i T_i} \quad (4)$$

Em que:

Tb = a temperatura base do subperíodo vegetativo (°C); T<sub>i</sub> e T são as temperaturas médias da i-ésima semeadura de todas as semeaduras (°C), respectivamente; t<sub>i</sub> a diferença entre a temperatura média de todas as semeaduras e a temperatura média da i-ésima semeadura no subperíodo vegetativo (°C); d<sub>i</sub> o número de dias requeridos para a planta atingir um determinado subperíodo da i-ésima semeadura; e n é o número de semeaduras.

A estimativa dos graus dia (GD), °C dia, acumulados durante um dia foi obtida pela seguinte fórmula:

$$GD = (1/5) [T9h + Tmax + Tmin + (2 T21h)] - Tb \quad (5)$$

Se: (Tb ≤ Tmin), conforme citado por Schneider et al. (1987):

$$GD = (Tmax - Tb)^2 / [2 (Tmax - Tmin)] \quad (6)$$

Se: (Tb > Tmin), conforme citado por Villa Nova et al. (1999):

Em que:

GD = graus dia; T9h e T21h são as temperaturas às 9h e às 21h, respectivamente; Tmax e Tmin são as temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente; e Tb é a temperatura base do subperíodo vegetativo.

A soma térmica acumulada (STa), °C dia, de cada genótipo foi obtida pelo somatório dos graus dia acumulados durante os dias necessários para completar o subperíodo vegetativo, desde o período da emergência (estádio 0) até a folha bandeira visível no verticilo (estádio 4) (Vanderlip & Reeves, 1972). Também foi computada a duração dos subperíodos compreendidos entre a emergência (EM) até a folha bandeira visível (FB) e da emergência até a maturação (MAT), a partir da Tb estimada.:

$$STa = \sum GD$$

## Resultados e Discussão

Os valores de temperatura base inferior (Tb)

apresentaram oscilações conforme método de cálculo utilizado para os quatro genótipos de sorgo no subperíodo vegetativo (Tabela 1). Os valores de Tb calculados pelos métodos do menor desvio padrão em dias (DPdia), coeficiente de variação em graus dia (CVgdd) e coeficiente de regressão (CR) foram, em geral, bem próximos entre si. Entretanto, o método do menor desvio padrão em graus dia (DPgdd) determinou maiores valores de Tb para os genótipos BRS 506 e BRS 511 em relação aos demais métodos utilizados. O genótipo BRS 509 apresentou o menor valor médio de Tb e os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 apresentaram os maiores valores médios resultantes dos quatro métodos utilizados. A similaridade entre as Tbs estimadas pode estar atrelada à linhagem genética dos genótipos, visto que a maioria dos materiais é oriunda do programa de melhoramento genético da Embrapa. Os valores extremos de Tb entre os genótipos de sorgo sacarino, em relação aos métodos utilizados, foram de 8,3 °C e 14,8 °C (Tabela 1). Ressalta-se que esses valores podem ser considerados como aceitáveis para a cultura, pois Sans & Guissem (2002), relatam uma Tb de 7 °C, enquanto Marin et al. (2006) estimam em 10 °C, valores esses similares aos encontrados neste estudo.

De maneira geral, os valores das estimativas da Tb pelos quatro métodos foram semelhantes entre si para cada genótipo. A menor oscilação entre os valores de Tb estimados foi observada para o genótipo Fepagro 19, que variou de 11,0 °C a 12,1 °C (Tabela 1), sendo que a maior variação ocorreu para o BRS 509, com valores de 8,2 °C a 10,1 °C. A oscilação dos valores de estimativa de Tb também foi verificada por outros autores e em diferentes culturas. Hanauer et al. (2010) encontraram variações de 3,9 °C a 15,7 °C na Tb estimada pelos mesmos métodos estudados nesta pesquisa para diferentes genótipos de feijão. Estimando a temperatura base inferior para três genótipos de milho e dois genótipos de feijão, Andrade et al. (2005) relataram diferenças entre os métodos estudados, principalmente para o desvio padrão em graus dia, que superestimou a Tb quando comparado aos demais métodos utilizados (desvio padrão em dias; coeficiente de variação em graus dia; e coeficiente de regressão), variando entre 9,8 °C e 15,2 °C e entre 8,1 °C e 8,5 °C para as culturas do milho e do feijão, respectivamente, sendo essa resposta similar ao que foi encontrado no presente estudo, em que também foram observadas essas diferenças conforme o método utilizado para determinar a Tb inferior dos genótipos

**Tabela 1.** Estimativa da temperatura base inferior (°C) por meio dos métodos: Menor desvio-padrão em graus dia (DPgdd); Menor desvio padrão em dias (DPdia); Coeficiente de variação em graus dia (CVgdd); e Coeficiente de regressão (CR) para quatro genótipos de sorgo sacarino.

| Genótipos  | Temperatura base inferior (°C)* |       |       |      | Tb média |
|------------|---------------------------------|-------|-------|------|----------|
|            | DPgdd                           | DPdia | CVgdd | CR   |          |
| Fepagro 19 | 11,0                            | 11,5  | 12,1  | 12,1 | 11,6     |
| BRS 506    | 14,8                            | 11,2  | 11,4  | 11,9 | 11,8     |
| BRS 509    | 9,3                             | 10,1  | 8,2   | 8,3  | 8,9      |
| BRS 511    | 12,9                            | 10,4  | 10,2  | 10,7 | 10,8     |

\* Estimada pelas fórmulas de Yang et al. (1995).

de sorgo sacarino no subperíodo vegetativo.

Os valores de Tb calculados pelos métodos do menor desvio padrão em dias (DPdia), coeficiente de variação em graus dia (CVgdd) e coeficiente de regressão (CR) foram, em geral, bem próximos entre si (Tabela 1). Entretanto, o método do menor desvio padrão em graus dia (DPgdd) apresentou maiores valores de Tb para os genótipos BRS 506 e BRS 511 em relação ao demais métodos utilizados. O genótipo BRS 509 apresentou menor valor médio de Tb e os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 mostraram maiores valores médios resultantes dos quatro métodos utilizados.

Verifica-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos e as épocas de semeaduras (Tabela 2). Essas variações na duração do ciclo de desenvolvimento dos genótipos no Rio Grande do Sul tem se mostrado variável, principalmente devido à ação da temperatura do ar, uma vez que outros fatores ambientais exercem menor efeito sobre o potencial agrônomo da cultura (Mundstock, 1983; Muller et al., 2009). Logo, a determinação da duração do ciclo dos genótipos do sorgo sacarino favorece o manejo da cultura e a adequação do cronograma de semeadura/colheita da propriedade, minimizando os riscos com a diminuição da produtividade, garantindo, assim, rentabilidade da atividade.

Entre a emergência da cultura e o aparecimento

da folha bandeira, os genótipos BRS 506 e 509 não apresentaram diferença significativa entre as épocas de semeaduras para duração do ciclo em dias e soma térmica acumulada (Tabela 3). O genótipo Fepagro 19 apresentou o maior número em dias nas semeaduras de outubro e novembro para completar o respectivo subperíodo, quando comparado com os demais. A semeadura de outubro também correspondeu ao mês em que o genótipo Fepagro 19 necessitou de mais dias para emissão da folha bandeira e, assim, houve um aumento na duração do ciclo vegetativo (99 dias entre a emergência até a emissão da folha bandeira, que corresponde ao estágio vegetativo) (Tabela 3). Essa resposta pode estar atrelada ao fato desse material possuir dupla aptidão (forrageiro/sacarino), o que beneficia a utilização dessa época de semeadura para utilização como forrageiro e para posterior produção de etanol. A dupla aptidão confere ao sorgo a habilidade de que, quando as plantas estiverem entre 0,80 m e 1,00 m de altura ou com idade de 30 a 40 dias pós semeadura, seja disponibilizada para o pastejo por um período de aproximadamente 30 dias para gado leiteiro e, posteriormente a esse período, são retirados da área os animais para permitir o rebrote da cultura e destinar esse rebrote para a produção de etanol. Gerke (2015), avaliando o potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol e silagem, na região Oeste do PR,

**Tabela 2.** Grau de significância ( $Pr < F$ ) da análise de variância para as variáveis ciclo da cultura (dias), soma térmica (ST) do subperíodo emergência (EM) até folha bandeira visível (FB) e da emergência (EM) até a maturação (MAT) para genótipos de sorgo sacarino, espaçamento de entrelinhas e épocas de semeaduras.

| Causa de variação   | Subperíodo   | ST da        | Subperíodo    | ST da         |
|---------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
|                     | EM-FB (dias) | EM-FB(°dias) | EM-MAT (dias) | EM-MAT(°dias) |
| Genótipo            | <0,001       | <0,001       | 0,001         | <0,001        |
| Épocas de semeadura | 0,030        | 0,002        | 0,001         | 0,001         |
| Genótipo x época    | 0,001        | 0,039        | 0,001         | 0,001         |

encontrou uma produtividade de biomassa de aproximadamente 98 t ha<sup>-1</sup> e uma produção de etanol de 1.035,21 L de etanol (80 ° - 94 ° Gl), o que reforça a utilização do sorgo sacarino como uma cultura visando à integração de lavoura-pecuária (dupla aptidão).

Conforme a Tabela 3, o maior acúmulo da soma térmica foi obtido para o genótipo BRS 509 para todas as épocas de semeadura. Essa resposta está atrelada a sua menor temperatura base inferior (T<sub>b</sub> = 8,9 °C) e, conseqüentemente, resulta no maior acúmulo térmico. No entanto, o mesmo não apresentou diferença significativa entre as épocas de semeadura, sendo sua exigência térmica média de 1.220 °C para completar o subperíodo entre a emergência e o aparecimento de folha bandeira. Os genótipos BRS 506 e BRS 511 também não apresentaram diferença significativa (p > 0,05) entre as épocas de semeadura, apresentando valores médios de 989 e 1.025 °C, respectivamente. A similaridade na resposta entre os genótipos BRS 506 e BRS 511 refere-se à compatibilidade do material genético, visto que o BRS 511

possui traços no seu melhoramento genético do BRS 506, entre eles suculência do colmo, ponto de utilização industrial, ciclo até a colheita de 120 a 130 dias e estatura de plantas.

Em relação ao número de dias que compreendeu o subperíodo da emergência até a maturação fisiológica (estádio 9), os genótipos não diferiram entre si quando semeados no mês de outubro, apresentando valor médio de 124 dias (Tabela 4). Na semeadura do mês de novembro, o genótipo Fepagro requereu 139 dias para completar o respectivo subperíodo, enquanto que o genótipo BRS 511 necessitou apenas de 121 dias, sendo que estes diferiram significativamente entre si (P < 0,05). O genótipo BRS 506 apresentou atraso no número de dias necessários para completar o subperíodo da emergência até a maturação fisiológica com o atraso da época de semeadura; logo, na semeadura realizada em dezembro, o mesmo requereu um maior número de dias (142 dias), diferindo significativamente dos demais genótipos, que apresentaram valor médio de 137 dias para completar o

**Tabela 3.** Duração em dias e a soma térmica do subperíodo emergência - folha bandeira visível de quatro genótipos de sorgo sacarino em três épocas de semeaduras.

| Genótipos | Épocas de Semeaduras      |       |       |                                      |         |         |
|-----------|---------------------------|-------|-------|--------------------------------------|---------|---------|
|           | Emergência-Folha bandeira |       |       |                                      |         |         |
|           | Duração (dias)            |       |       | Soma térmica (°C dia <sup>-1</sup> ) |         |         |
|           | Out                       | Nov   | Dez   | Out                                  | Nov     | Dez     |
| BRS 506   | 86 bA                     | 86 bA | 89 aA | 963 cA                               | 1031 bA | 974 bA  |
| Fepagro19 | 99 aA                     | 95 aB | 89 aB | 1085 bA                              | 1044 bA | 954 bB  |
| BRS 511   | 75 cB                     | 81 bB | 88 aA | 993 cA                               | 1062 bA | 1020 bA |
| BRS 509   | 86 bA                     | 83 bA | 89 aA | 1217 aA                              | 1251 aA | 1194 aA |
| CV (%)    |                           | 4,20  |       |                                      | 4,34    |         |

\* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Duração em dias e a soma térmica do subperíodo emergência - maturação fisiológica de quatro genótipos de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeaduras.

|           | Emergência-Maturação |        |        |                                      |         |         |
|-----------|----------------------|--------|--------|--------------------------------------|---------|---------|
|           | Duração (dias)       |        |        | Soma térmica (°C dia <sup>-1</sup> ) |         |         |
|           | Out                  | Nov    | Dez    | Out                                  | Nov     | Dez     |
| BRS 506   | 125 aC               | 129 bB | 142 aA | 1505 cA                              | 1412 dB | 1356 cC |
| Fepagro19 | 126 aB               | 139 aA | 137 bA | 1521cA                               | 1466 cA | 1360 cB |
| BRS 511   | 122 aB               | 121 cB | 137 bA | 1599 bA                              | 1509 bB | 1470 bB |
| BRS 509   | 124 aC               | 129 bB | 137 bA | 1806 aA                              | 1731 aB | 1723 aB |
| C.V. (%)  | 1,64                 |        |        | 1,79                                 |         |         |

\* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

mesmo subperíodo (Tabela 4).

Em todas as épocas de semeaduras avaliadas, o genótipo BRS 509 apresentou o maior acúmulo da soma térmica, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) dos demais genótipos (Tabela 4). Os genótipos BRS 506 e Fepagro 19 apresentaram menor acúmulo térmico do subperíodo da emergência à maturação fisiológica, com valores médios de 1.513, 1.439 e 1.358 °C dia<sup>-1</sup> nas semeaduras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente.

O atraso na época de semeadura de outubro para dezembro resultou no menor acúmulo da soma térmica (°C dia<sup>-1</sup>) e na maior duração de ciclo para todos os genótipos (Tabela 4). Com a semeadura efetuada no mês de dezembro, o ciclo da cultura avançou até abril/maio, meses em que ocorreu diminuição da temperatura média do ar, determinando menor acúmulo de soma térmica, com o consequente aumento do ciclo. A menor exigência térmica da semeadura realizada no mês de dezembro está relacionada com as temperaturas mínimas do ar ocorridas a partir de

fevereiro, sendo que, nos meses de abril e maio, período em que os genótipos estavam na fase de grão em massa mole (estádio 7) e grão em massa dura (estádio 8), essas temperaturas foram similares à temperatura base inferior dos genótipos avaliados, o que diminuiu o desenvolvimento, resultando no menor acúmulo térmico, bem como em um maior número de dias para completar o subperíodo da emergência à maturação fisiológica. Ressalta-se também que a temperatura do ar abaixo de 16 °C no subperíodo entre a emergência e o florescimento estimula o perfilhamento basal. No entanto, o subperíodo do florescimento à maturação dos grãos compromete o desenvolvimento da panícula, podendo resultar em danos irreversíveis às sementes de sorgo sacarino pela esterilidade das sementes, interferindo no número de grãos por panícula, afetando o rendimento final de grãos (Magalhães et al., 2000).

Os genótipos Fepagro 19, BRS 506, BRS 511 e BRS 509 apresentam um número médio, em dias para se tornarem aptos à extração de caldo, de 130, 125,

110 e 110 dias, respectivamente. Os valores de duração de ciclo obtidos (Tabela 4) foram pouco superiores a aqueles citados na literatura para os locais das instituições produtoras das sementes. Essas variações podem estar atreladas às diferenças da temperatura do ar entre as lavouras de produção de sementes e o local da realização do experimento. Esse fato justifica a importância da realização de experimentos que objetivam determinar a duração do ciclo fenológico dos genótipos, pois existem diferenças entre os genótipos no ciclo quando os mesmos são submetidos a diferentes épocas e locais de semeadura.

Acrescenta-se a relevância da determinação da temperatura base inferior (Tb) de cada genótipo, pois é uma variável que indica o limiar de temperatura do ar em que começa a ocorrer o desenvolvimento da cultura, afetando diretamente a soma térmica e, assim, o ciclo da cultura. Os valores obtidos são similares aos encontrados na literatura, sendo que essas informações específicas norteiam o zoneamento agrícola da cultura do sorgo sacarino para o estado do Rio Grande do Sul. O conhecimento das exigências térmicas dos genótipos e da disponibilidade térmica dos diferentes locais ajuda a desenvolver recomendações mais eficientes na determinação de épocas de semeadura e no manejo da cultura, favorecendo a inserção do sorgo sacarino no Rio Grande do Sul.

### Conclusão

Os métodos utilizados foram adequados para determinar a temperatura base inferior dos quatro genótipos avaliados. No entanto, dentre eles, o mais adequado seria o coeficiente de variação em graus dia para ambos os genótipos. O método de desvio padrão em graus dia superestimou a temperatura base para os genótipos BRS 511 e BRS 506. Os valores de tem-

peratura base inferior variaram entre os genótipos de sorgo sacarino, sendo de 11,6 °C para o Fepagro 19; 11,8 °C para o BRS 506; 8,9 °C para o BRS 509; e 10,8 °C para o BRS 511. O atraso na época de semeadura de outubro para dezembro determinou aumento do número de dias para o fechamento do ciclo dos quatro genótipos. O genótipo BRS 509 apresentou maiores valores de soma térmica tanto na fase vegetativa, quanto na duração do ciclo.

### Referências

- ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; ZOLNIER, S.; COSTA, L. C. Avaliação de métodos para estimativa da temperatura-base inferior para as culturas de milho (*Zea mays L.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris L.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 403-412, 2005.
- BANDEIRA, A. H.; BIONDO, J. C.; DIAS, F. S.; SILVA, N. G.; MEDEIROS, S. L. P.; CHIELLE, Z. G.; LEAL, L. T. Efeito da época de semeadura e espaçamento no desempenho produtivo de sorgo sacarino, cultivado na Região Central do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 1 CD-ROM.
- BORGES, I. D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 168 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Temperatura-base para alface cultivar “White Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 213-219, 1976. DOI: 10.1590/S0006-87051976000100019.

- EMYGDIO, B. M.; PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B.; FACCHINELLO, P. H.; OLIVEIRA, L. N. de; BARROS, L. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino visando à produção de etanol em solos hidromórficos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 53-59, 2011.
- GERKE, L. V. **Avaliação do potencial do material de sorgo sacarino ADV 2010 para a produção de etanol e silagem, em dois cortes, na região Oeste do Paraná**. 2015. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.
- HANAUER, J. G.; STRECK, N. A.; LAGO, I.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. Estimativa da temperatura base da fase emergência-floração em cultivares de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **A Amazônia e o clima global**: anais. Belém: SBMET, 2010. 1 CD-ROM.
- LANDAU, E. C.; SCHAFFERT, R. E. Zoneamento de áreas aptas para o plantio de sorgo sacarino na época de entressafra de cana-de-açúcar no Brasil. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, v. 3, n. 2, p. 20-21, 2011.
- MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.
- MARIN, F. R.; PANDORFI, H.; SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, M. B. P. de; HERNANDEZ, F. B. T. Perda de produtividade potencial da cultura do sorgo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 157-162, 2006. DOI: 10.1590/S0006-87052006000100020.
- MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3).
- McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, p. 291-300, 1997. DOI: 10.1016/S0168-1923(97)00027-0.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- MULLER, L.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; STRECK, N. A.; MITTELMAN, A.; DOURADO NETO, D.; BANDEIRA, A. H.; MORAIS, K. P. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1343-1348, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000098.
- MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo dos cereais de estação fria**: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticales. Porto Alegre: Ed. do Autor, 1983. 265 p.
- PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C. de. **Cultura do sorgo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 76 p.
- PROCESSAMENTO industrial do sorgo sacarino. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 1 folder.
- RIBAS, P. M. Plantio: a implantação da cultura. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35404/1/plantio.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.
- SANS, L. M. A.; GUISTEM, J. M. Estimativa do período do florescimento e maturidade fisiológica da cultura do sorgo por meio de graus-dia calculado com diferentes valores de temperatura base. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: resumos. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo: EPAGRI, 2002.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; MANFRON, P. A.; SACCOL, A. V.; ESTEFANEL, V.

- Temperatura base e soma térmica do subperíodo semeadura emergência das cultivares de soja. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 229-308, 1987.
- SILVA, J. A. **Influência da umidade do solo nas exigências térmicas de três cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1989. 79 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VANDERLIP, R. L.; REEVES, H. E. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 13-16, 1972.  
DOI: 10.2134/agronj1972.00021962006400010005x.
- VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, A. R. Modelo para a previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 75-79, 1999.
- YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculationg the base temperature for growing degree days. **Agricultural and forest Meteorology**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 61-74, 1995.  
DOI: 10.1016/0168-1923(94)02185-M.