

Estimativa das taxas de desenvolvimento de cultivares crioulas e melhoradas de milho

Isabel Lago⁽¹⁾; Nereu Augusto Streck⁽²⁾; Josana Andreia Langner⁽³⁾; Lúcio Gabriel Scheffel⁽⁴⁾; Anderson Haas Poersch⁽⁵⁾; Angelica Durigon⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Professora, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS. E-mail: isalago08@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Professor, Departamento de Fitotecnia, UFSM. ⁽³⁾ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, UFSM. ⁽⁴⁾ Aluno de Graduação em Agronomia, UFSM, Bolsista FIPE; ⁽⁵⁾ Aluno de Graduação em Meteorologia, UFSM, Bolsista FIPE; ⁽⁶⁾ Professora, Departamento de Fitotecnia, UFSM.

RESUMO: O uso de modelos para estudos com culturas agrícolas tem se tornado uma ferramenta cada vez mais utilizada, porém, para serem usados estes precisam ser calibrados para a cultura e o local de interesse do estudo. O objetivo deste trabalho foi obter as taxas máximas para a emissão de folhas totais e para as fases de emergência, vegetativa e reprodutiva de cultivares crioulas e melhoradas de milho para o modelo de Wang e Engel (WE). As cultivares utilizadas foram duas crioulas, 'Cinquentinha' e 'Bico-de-Ouro', e duas melhoradas, a VPA 'BRS Planalto' e o híbrido simples 'AS 1573PRO'. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições. A taxa máxima para emissão de folhas totais (TAF_{max}), foi obtida com dados coletados na semeadura de 04/11/2013 para as cultivares Cinquentinha, 'Bico de ouro' e 'AS 1573PRO'. Para a cultivar 'BRS Planalto' a TAF_{max} foi obtida com dados da semeadura de 13/12/2014. Essa data também foi usada para obter a taxa máxima de desenvolvimento dos estágios (r_{max}). As TAF_{max} não diferiram significativamente entre as cultivares de milho, indicando que há similaridade na emissão de folhas dessas cultivares. Os valores de r_{max} dos estágios diferiram entre as cultivares de acordo com seu ciclo de desenvolvimento, variando de 0,2400 a 0,3411 dia^{-1} para a fase de emergência, de 0,0213 a 0,0234 dia^{-1} para a fase vegetativa e de 0,0254 a 0,0298 dia^{-1} para a fase reprodutiva.

Termos de indexação: *Zea mays* L., simulação, estágios de desenvolvimento.

incluem a industrialização, alimentação humana e animal (Oliveira et al., 2014). Em relação à variabilidade genética que possuem, as cultivares de milho podem ser classificadas como cultivares locais, tradicionais ou crioulas (CLTCs), as quais são todas do tipo variedade de polinização aberta (VPA), e que geralmente são denominadas "crioulas", ou como cultivares melhoradas, que além de VPA incluem também os híbridos (Morris et al., 2003).

A influência da temperatura do ar sobre o desenvolvimento do milho é adequadamente representada por modelos não lineares que empregam funções multiplicativas, como o modelo de Wang e Engel (Wang & Engel, 1998). No modelo de Wang e Engel (WE) a função de resposta à temperatura do ar é não linear e descrita por uma função beta, que varia de zero a um, e seus coeficientes (TAF_{max} , r_{max} , T_b , T_{ot} e T_B) possuem significado biológico e definição operacional (podem ser estimados ou medidos) (Wang & Engel, 1998). As temperaturas cardinais [temperatura basal inferior (T_b), temperatura ótima (T_{ot}) e temperatura basal superior (T_B)] representam a faixa de temperatura do ar em que ocorre o desenvolvimento da planta, abaixo da T_b ou acima da T_B é considerado que o desenvolvimento é nulo, e quando a temperatura do ar é igual à T_{ot} da cultura, ocorre o máximo desenvolvimento. O máximo desenvolvimento é representado pelos coeficientes TAF_{max} e r_{max} . O objetivo deste trabalho foi obter as taxas máximas para a emissão de folhas totais e para as fases de emergência, vegetativa e reprodutiva de cultivares crioulas e melhoradas de milho.

INTRODUÇÃO

O milho é um cereal que devido as suas características particulares de composição química e elevado valor nutritivo, principalmente alto teor de carboidratos (como o amido), lipídeos, proteínas e sais minerais possui diversas finalidades, que

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para obter as taxas máximas são provenientes de experimentos conduzidos em campo com a cultura do milho, no Departamento de

Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 43'W e altitude: 95 m). O solo do local é classificado como uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho Distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Alissolo Hipocrômico Argilúvico típico). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida, segundo a classificação de Köppen.

O preparo do solo foi realizado no sistema convencional, com uma aração e duas gradagens. A correção do solo e a adubação foram realizadas conforme indicações para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004). Foi realizada Irrigação suplementar por gotejamento para propiciar o crescimento das plantas sem deficiência hídrica. O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições, sendo cada uma composta por cinco linhas com 5 m de comprimento. O espaçamento entre linhas foi de 0,90 m e entre plantas de 0,20 m. Foram utilizadas duas cultivares crioulas, 'Cinquentinha' e 'Bico-de-ouro', e duas melhoradas, uma do tipo variedade de polinização aberta (VPA) 'BRS Planalto' e uma híbrida 'AS 1573PRO'. Para obter a Taxa máxima para emissão de folhas (TAF_{max}) das cultivares 'Cinquentinha', 'Bico-de-ouro' e 'AS 1573PRO' foram utilizados os dados da data de semeadura 04/11/2013. Para obter a TAF_{max} da cultivar 'BRS Planalto', e os valores da taxa máxima de desenvolvimento (r_{max}) de cada estágio, de todas as cultivares, foram utilizados os dados da semeadura de 13/12/2014.

Nas três linhas centrais de cada parcela foram marcadas 45 plantas nas cultivares crioulas, devido a sua maior variabilidade genética, e 15 plantas por parcela nas cultivares melhoradas. Nestas plantas marcadas, semanalmente, foi contado o número de folhas totais (NFT, folhas pl^{-1}) a partir do momento em que o dossel estava estabelecido, quando as plantas tinham em média quatro folhas, até as plantas emitirem a folha bandeira. Para a contagem foi considerada uma folha quando a ponta estava visível no cartucho (Streck et al., 2009b).

A data de emergência (EM) foi considerada quando 50% ou mais das plântulas da parcela estavam visíveis acima do nível do solo. As plantas marcadas foram utilizadas para determinar os estágios de espigamento (R1) e maturidade fisiológica (R6). O R1 foi quando 50% ou mais das plantas de cada parcela estavam com os estigmas visíveis na espiga (Ritchie et al., 1993). O R6 nas plantas das cultivares crioulas foi considerado quando a folha da base da espiga estava 100% seca, e, nas melhoradas, quando a palha que

recobria a espiga estava 100% seca, através da visualização da senescência total. Essa associação foi verificada em plantas da bordadura que foram coletadas para observar a ocorrência do aparecimento da camada escura no grão.

Para as estimativas, o ciclo foi dividido em três fases (Ritchie et al., 1993; Streck et al., 2008; 2009): fase de emergência, da semeadura (SE) até a emergência (EM); fase vegetativa, da emergência (EM) até o espigamento (R1); fase reprodutiva, do espigamento (R1) até a maturidade fisiológica (R6). Assim, foram estimados os coeficientes r_{max} para a fase de emergência ($r_{max,e}$), vegetativa ($r_{max,v}$) e reprodutiva ($r_{max,r}$).

As temperaturas cardinais para emissão de folhas foram assumidas como sendo $T_b = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{ot} = 31\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $T_B = 44\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Streck et al., 2009). As temperaturas cardinais para a fase de emergência foram assumidas como sendo $T_b = 10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{ot} = 29,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $T_B = 40,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, e para as fases vegetativa e reprodutiva foram $T_b = 6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{ot} = 30,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $T_B = 42,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sánchez et al., 2014). Os coeficientes TAF_{max} e r_{max} ($r_{max,e}$, $r_{max,v}$ e $r_{max,r}$) foram estimados pelo método dos mínimos quadrados, que minimiza os resíduos entre valores observados e simulados (Erpen et al., 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de TAF_{max} não diferiram significativamente entre as cultivares de milho (**Tabela** Erro! Indicador não definido.), indicando que há similaridade na velocidade de emissão de folhas nessas cultivares. Apesar de não ter havido diferença significativa entre os coeficientes, é recomendado usar no modelo os valores calibrados para cada cultivar, pois estes são coeficientes genéticos específicos. Os valores das TAF_{max} estimadas para estas cultivares estão dentro da faixa de valores observados para a emissão de folhas totais da VPA de milho 'BRS Missões', 0,626 folhas dia^{-1} (Streck et al., 2009).

Tabela 1. Valores das taxas de aparecimento de folhas máxima (TAF_{max} , folhas dia^{-1}) das cultivares de milho 'Cinquentinha', 'Bico de ouro', 'BRS Planalto' e 'AS 1573PRO'. Os valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

Cultivar	TAF_{max} (folhas dia^{-1})
'Cinquentinha'	0,587 ($\pm 0,016$) ^{ns}
'Bico de ouro'	0,616 ($\pm 0,024$)
'BRS Planalto'	0,618 ($\pm 0,012$)

'AS 1573PRO' 0,602 (\pm 0,027)

CV (%) 3,32

ns = valores não diferem significativamente.
CV = coeficiente de variação.

Os valores das taxas $r_{\max,e}$, $r_{\max,v}$ e $r_{\max,r}$ diferiram significativamente, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para a fase de emergência os valores das taxas $r_{\max,e}$ foram similares entre as cultivares, com apenas a 'Cinquentinha' e 'AS 1573PRO' diferindo significativamente (**Tabela 2**). A cultivar 'AS 1573PRO' apresentou a maior taxa $r_{\max,e}$ (0,3411 dia^{-1}), o que indica que a emergência ocorre primeiro para essa cultivar, e o contrário ocorre com a cultivar 'Cinquentinha' que apresentou menor $r_{\max,e}$ (0,2400 dia^{-1}). Para a fase vegetativa os valores das taxas $r_{\max,v}$ foram semelhantes nas cultivares 'Cinquentinha' e 'BRS Planalto', e a cultivar 'Bico de ouro' não diferiu da 'AS 1573PRO', que também não diferiu da 'BRS Planalto' (**Tabela 2**). A cultivar 'Cinquentinha' apresentou maior valor de $r_{\max,v}$ (0,0234 dia^{-1}), enquanto que a cultivar 'Bico de ouro' apresentou o menor valor de $r_{\max,v}$ (0,0213 dia^{-1}). Para a fase reprodutiva observou-se semelhança nos valores de $r_{\max,r}$ nas cultivares 'BRS Planalto' e 'AS 1573PRO', que também é semelhante ao da cultivar 'Cinquentinha' (**Tabela 2**). A cultivar 'BRS Planalto' apresentou maior valor de $r_{\max,r}$ (0,0298 dia^{-1}) e a 'Bico de ouro' apresentou o menor valor (0,0254 dia^{-1}). Um maior valor de r_{\max} indica maior precocidade em completar uma determinada fase de desenvolvimento, e o oposto ocorre para um menor r_{\max} , que evidencia maior duração da fase de desenvolvimento.

Em estudo realizado com a cultivar melhorada 'BRS Missões', as taxas máximas para as fases de desenvolvimento de EM-R1 e R1-R6 foram estimadas (Streck et al., 2008). Os autores encontraram valores maiores para $r_{\max,v}$ (0,0254 dia^{-1}) em relação aos valores encontrados nesse estudo (**Tabela 2**), indicando que a BRS Missões possui maior precocidade para a fase EM-R1. Para a fase R1-R6 foi encontrado valor de $r_{\max,r}$ (0,0289 dia^{-1}) intermediário em relação as cultivares estudadas, sendo mais próximo das cultivares melhoradas 'BRS Planalto' e 'AS 1573PRO' (**Tabela 2**), o que pode indicar que estas cultivares possuem similaridade na duração da fase.

CONCLUSÕES

Os valores de TAF_{\max} indicam similaridade na velocidade emissão de folhas entre as cultivares crioulas e melhoradas de milho.

As taxas máximas de desenvolvimento diário ($r_{\max,e}$, $r_{\max,v}$ e $r_{\max,r}$) diferem de acordo com o ciclo de desenvolvimento das cultivares de milho estudadas.

Tabela 2. Valores de taxa máxima de desenvolvimento das fases de semeadura-emergência ($r_{\max,e}$), emergência-espigamento ($r_{\max,v}$) e espigamento-maturidade fisiológica ($r_{\max,r}$) das cultivares de milho 'Cinquentinha', 'Bico de ouro', 'BRS Planalto' e 'AS 1573PRO'. Os valores entre parênteses representam o desvio padrão da média.

Cultivar	$r_{\max,e}$ (dia^{-1})	$r_{\max,v}$ (dia^{-1})	$r_{\max,r}$ (dia^{-1})
'Cinquentinha'	0,2400 (\pm 0,0147) b	0,0234 (\pm 0,0005) a	0,0264 (\pm 0,0014) bc
'Bico de ouro'	0,2723 (\pm 0,0287) ab	0,0213 (\pm 0,0004) c	0,0254 (\pm 0,0004) c
'BRS Planalto'	0,3067 (\pm 0,0572) ab	0,0229 (\pm 0,0006) ab	0,0298 (\pm 0,0010) a
'AS 1573PRO'	0,3411 (\pm 0,0506) a	0,0223 (\pm 0,0006) bc	0,0282 (\pm 0,0012) ab
CV (%)	14,3	2,31	3,96

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV = coeficiente de variação.

REFERÊNCIAS

- CQFS-RS/SC- COMISSÃO DE QUÍMICA E DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 400p.
- ERPEN, L. et al. Estimativa das temperaturas cardinais e modelagem do desenvolvimento vegetativo em batata-doce. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1230-1238, 2013.
- MORRIS, M. et al. Impacts of CIMMYT maize breeding research. In: EVENSON, R. E.; GULLIN, D. **Crop variety improvement and its effect on productivity**: The impact of international agricultural
- OLIVEIRA, D. E. C. de.; SANTOS, M. N. S. dos.; RUFATTO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar P3646 submetidos a diferentes condições de ar e secagem. **Nativa, Sinop**, v.02, n.03, p.162-165, 2014.
- RITCHIE, S.W. et al. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 21p. (Special Report, 48).
- SÁNCHEZ, B. et al. Temperatures and the growth and development of maize and rice: a review. **Global Change Biology**, v.20, p. 408-417, 2014.
- STRECK, N.A. et al. Simulating maize phenology as a function of air temperature with a linear and a nonlinear model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.4, p.449-455, abr. 2008.
- STRECK, N.A. et al. Comparing two versions of a non-linear model for simulating leaf number and developmental stages in maize based on air temperature. **Ciência Rural**, v.39, p.642-648, 2009.
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. **Agricultural Systems**, v.58, p.1-24, 1998.