

MODELAGEM DA FLORAÇÃO DA CANOLA EM RESPOSTA A SOMA TÉRMICA

LAISE M. BOLIS¹; ALEXANDRE L. MÜLLER²; GENEI A. DALMAGO³; JOSÉ M. C. FERNANDES³; ANDERSON SANTI³; GILBERTO R. DA CUNHA³; EVANDRO SCHWEIG⁴

¹ Graduando em Ciências Biológicas Bacharel UPF, bolsista Iniciação Científica CNPq/Passo Fundo-RS Fundo-RS. e-mail: laisebolis46@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia UPF, bolsista CNPq/Passo Fundo-RS.

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Trigo/Passo Fundo – RS.

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental UPF, bolsista PIBIC/CNPq/Passo Fundo-RS,

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GrandDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi ajustar e validar um modelo matemático para representar a floração da canola em resposta ao acúmulo térmico. Para isso, foram realizados dois experimentos a campo nos anos de 2007 e 2008 na Embrapa Trigo, em Passo Fundo. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. Os híbridos de canola utilizados foram o Hyola 43, Hyola 61, Hyola 401 e Hyola 432. No início da formação da haste floral foram selecionadas e marcadas as plantas, onde foram realizadas, com frequência de três vezes por semana, contagens do número de flores abertas ao longo tempo, iniciando-se a partir da abertura da primeira flor até quando não haviam mais botões florais. Também foi calculado o número de graus dia, considerando a temperatura base de 5 °C, com os dados de temperatura do ar obtidos na estação meteorológica de Passo Fundo/RS. Ajustou-se um modelo logístico para descrever a resposta do florescimento ao acúmulo de graus dia. A taxa máxima de abertura de flores ocorreu a partir do acúmulo de 42 graus dia. A validação do modelo com dados independentes do ano de 2008 foi satisfatória apresentando coeficiente de correlação superior a 98% e raiz quadrada do erro médio (RMSE) pequeno. A floração da canola pode ser estimada pela soma térmica acumulada após a abertura da primeira flor, através de um modelo matemático logístico.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, florescimento, número de flores

CANOLA FLOWERING MODELING IN RESPONSE TO THERMAL TIME

ABSTRACT: The objective of this work was to adjust and validate a mathematical model representing the process of flowering in canola in response to heat accumulation. For this, two experiments were conducted in the field in the years 2007 and 2008 at Embrapa Trigo, in Passo Fundo. The experimental design used was a randomized blocks with four replications. The hybrids of canola were Hyola 43, Hyola 61, Hyola 401 and Hyola 432. At the beginning of the formation of the floral stem plants were selected, marked and the number of open flowers was recorded. Thereafter, the number of flowers was counted with a frequency of three times per week until no more flower buds were present. The number of degree-days was calculated using a base temperature of 5 °C from air temperature data obtained from a nearby meteorological station. A logistic model was fitted to the data describing the response of flowering to the accumulation of degree-days. The fit quality was evaluated by visual

examining the residual distribution. The maximum rate of opening of flowers was observed with the accumulation of 195 degree-days. The model validation with independent data of 2008 was considered satisfactory according to the correlation coefficient (r) and to the root mean square error ($RMSE$). The flowering of canola can be estimated by the cumulative thermal sum after the opening of the first flower, using a logistic model.

KEYWORDS: modeling, flowering, number of flowers

INTRODUÇÃO: A canola (*Brassica napus* L. Var. oleífera) se desenvolve melhor com temperaturas médias diárias em torno de 20 °C, podendo suportar oscilações entre 12 °C e 30 °C sem afetar seu desenvolvimento (THOMAS, 2003). Os híbridos atuais apresentam pouca sensibilidade ao fotoperíodo, respondendo mais fortemente ao acúmulo de temperatura do ar acima de 5 °C (temperatura base). A resposta a esse fator é observada tanto durante o crescimento vegetativo, quanto durante o período reprodutivo, possibilitando ajuste de função de resposta ao acúmulo térmico. No caso da floração da canola esse ajuste é importante para planejamento do florescimento da cultura fora de períodos com ocorrência de temperaturas estressantes. Alta temperatura do ar, acima de 28 °C (STAFF, 2002) e temperaturas abaixo de 0 °C (DALMAGO et al., 2007), em pleno florescimento, afetam negativamente a produção de grãos. No estado do Rio Grande do Sul, é comum a ocorrência de temperaturas baixas no período de inverno, e também a ocorrência de temperaturas elevadas ao final dessa estação. Por isso, o objetivo do trabalho foi ajustar e validar modelo um modelo matemático que represente o processo de floração da canola em resposta ao acúmulo térmico.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho a campo foi realizado na Embrapa Trigo (28°15' S; 52°24' W; 648m), nos anos de 2007 e 2008, em delineamento blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram utilizados quatro híbridos de canola: Hyola 43, Hyola 61, Hyola 401 e Hyola 432, semeados em 24 de abril de 2007 e 9 de maio de 2008. A adubação de base foi calculada conforme análise de solo e consistiu de 200 Kg.ha⁻¹ de adubo com formulação 05-25-25. Foi feita uma adubação de cobertura com sulfato de amônio aos 30 dias após a emergência no estádio de B4. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme indicações para a cultura, segundo recomendações descritas em Tomm (2007). No início da formação da haste floral principal foram selecionadas duas plantas por parcela, em 2007, e uma planta por parcela, em 2008, para a contagem de flores ao longo do tempo. A contagem iniciou com a abertura da primeira flor e foi realizada com periodicidade de três vezes por semana, em todas as hastes que apresentavam flores abertas. Em cada dia de avaliação foram contadas apenas as flores abertas após a última contagem. A contagem de flores foi encerrada quando cessou os botões florais e/ou quando os mesmos não mais apresentavam condições de abrirem. Foram obtidos também, os dados de temperatura média do ar na estação meteorológica localizada na área experimental da Embrapa Trigo, os quais foram utilizados para determinação da soma térmica durante o período de florescimento. Para o cálculo de graus-dia utilizou-se a temperatura base igual a 5 °C (MORRISON et al., 1989). Utilizando-se a linguagem de programação R, realizou-se o ajuste do número total de flores abertas em cada data de avaliação do ano de 2007 aos valores correspondentes de soma térmica a partir da abertura da primeira flor, levando em consideração todas as cultivares e repetições, obtendo-se assim, um modelo único de florescimento da canola para o respectivo ano. O modelo obtido com os dados de 2007 foi validado com dados independentes de floração e graus-dia, obtidos em 2008, para todos os híbridos em conjunto e para cada híbrido em separado. Também, os dados de contagem de flores foram padronizados para número relativo de flores.

Em ambos os casos o modelo de ajuste utilizado foi o logístico, com a seguinte equação matemática:

$$y = (a/(1+\exp((b-x)/c))) \quad (1)$$

em que: y é o valor de flores acumulado, a é o máximo ponto da equação no eixo y , b é o valor médio da curvatura no eixo, x é o número de graus dia acumulado e o c é o valor da escala para o eixo x . Os resultados do ajuste foram avaliados pela análise de correlação (R) e pela raiz quadrada do erro médio (RMSE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 é apresentado o ajuste para a floração acumulada observada no ano de 2007 (Figura 1a) e o ajuste para o valor médio relativo, em função do acúmulo de graus dia. Os parâmetros estimados para as equações (equação 1) que descrevem o florescimento acumulado da canola é apresentada na Tabela 1. Verificou-se que a canola completa o florescimento com acúmulo aproximado de 350 graus dia. A variabilidade do número de flores por planta é menor no início do período de floração e aumenta com o incremento de flores abertas. Esse fato, provavelmente está relacionado a variabilidade na emissão de hastes florais secundárias, o que é função do espaço aberto que as plantas possuem no seu entorno. Plantas com maior espaço no seu entorno, emitem mais hastes laterais e, conseqüentemente, apresentam maior quantidade de flores.

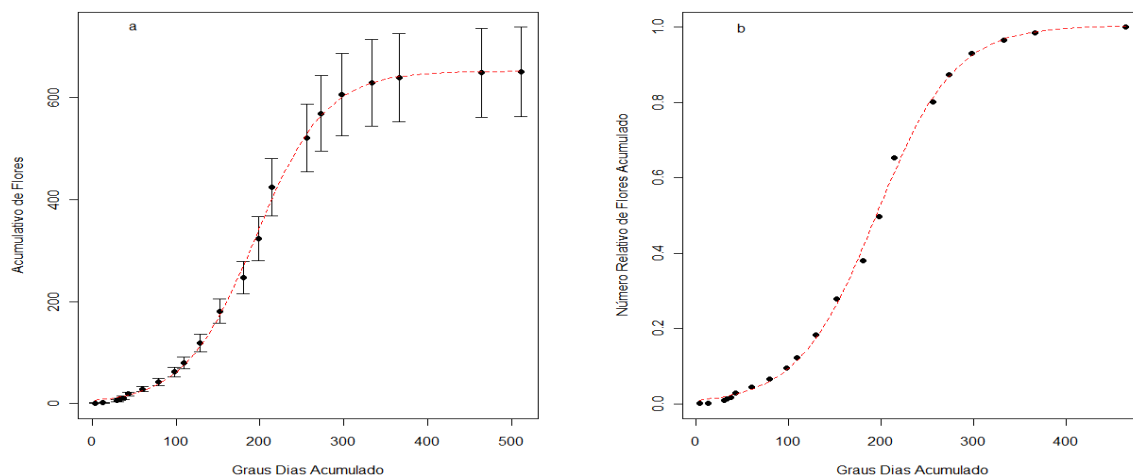


Figura 1. Número médio (ponto) de flores de canola acumuladas e o erro padrão da média (segmento) (a) e número médio relativo de flores (b) de canola, cultivada no ano de 2007, em função de graus-dia acumulados. Passo Fundo, RS - 2009.

Tabela 1. Parâmetros para a equação da estimativa dos valores absolutos e valores relativos do número de flores de canola para o ano de 2007, com o respectivo erro de cada parâmetro e significância pelo teste t. Passo Fundo, RS - 2009.

Parâmetros	Estimativa do Parâmetro	Pr(> t)	ERRO padrão do parâmetro
.....Valores absolutos.....			
a	652	0,001	$\pm 1,004$
b	195	0,001	$\pm 3,71$
c	42	0,001	$\pm 2,853$
.....Valores relativos.....			
a	1,004	0,001	$\pm 0,009567$
b	195	0,001	$\pm 1,666$

Os parâmetros para a equação, número acumulado e relativo de flores de canola (Tabela 1), foram significativos, indicado que os erros dos modelos estão dentro do padrão esperado. Pela análise dos parâmetros, verificou-se que a taxa máxima de abertura de flores ocorre após um acúmulo de 195 graus-dia (parâmetro c) e que a quantidade máxima de flores abertas em 2007 foi de 652, valor assintótico da curva ajustada aos valores máximos (a). A validação com dados independentes obtidos em 2008 (Figura 2) indica adequação do modelo para estimativa tanto para valores absolutos quanto para valores relativos de número de flores, considerando os altos coeficientes de correlação e os baixos RMSE. Entretanto, pela análise gráfica (Figura 2) verificou-se que, a partir de 200 até 400 graus-dia acumulados, o modelo superestimou o número de flores. Entre as causas que podem ter influenciado esta resposta nos dados observados, destaca-se o fato que, nesse período, houve um espaçamento maior entre contagem de número de flores do que no início e no final das avaliações. Também, não pode ser descartada a hipótese de que os diferentes híbridos avaliados neste trabalho podem apresentar resposta variada quanto à relação abertura de flores e acúmulo de graus dia, uma vez que apresenta resposta diferenciada a soma térmica.

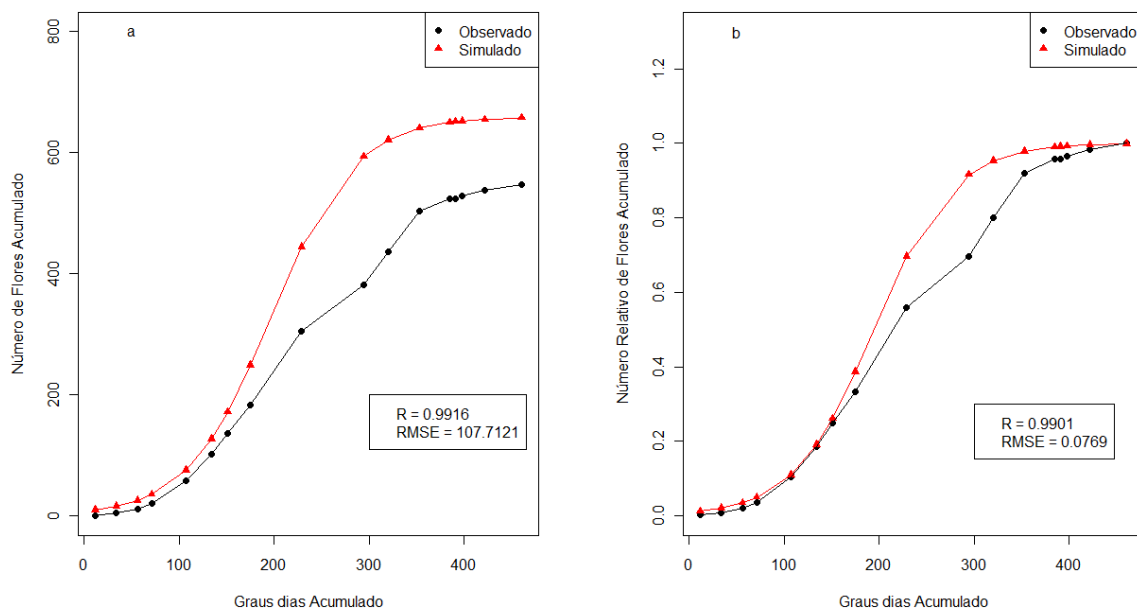


Figura 2. Número de flores de canola observado em 2008 (observado) e número relativo de flores estimado pelos modelos ajustados em 2007 (simulado), em função de graus dia acumulados. Passo Fundo, RS - 2009.

A validação do modelo relativo de número de flores de canola foi feita também para os diferentes híbridos cultivados em 2008 (Figura 3), com a finalidade de avaliar respostas diferenciadas dos materiais utilizados no trabalho. Como pode ser observada, a validação do modelo de florescimento do híbrido Hyola 61 (Figura 3b) foi a que apresentou menor correlação entre a curva dos dados estimados e os observados, e conseqüentemente maior valor do erro. Provavelmente, isso esteja relacionado a uma maior sensibilidade ao fotoperíodo pela Hyola 61, em relação aos demais híbridos, que têm maior resposta ao acúmulo térmico. De acordo com TOMM (2007) esse híbrido apresenta maior estabilidade de produção em diferentes ambientes, indicando uma provável maior sensibilidade ao fotoperíodo e menor resposta ao acúmulo térmico que os outros materiais. Os demais híbridos apresentaram correlação superior a 99% (Figura 3).

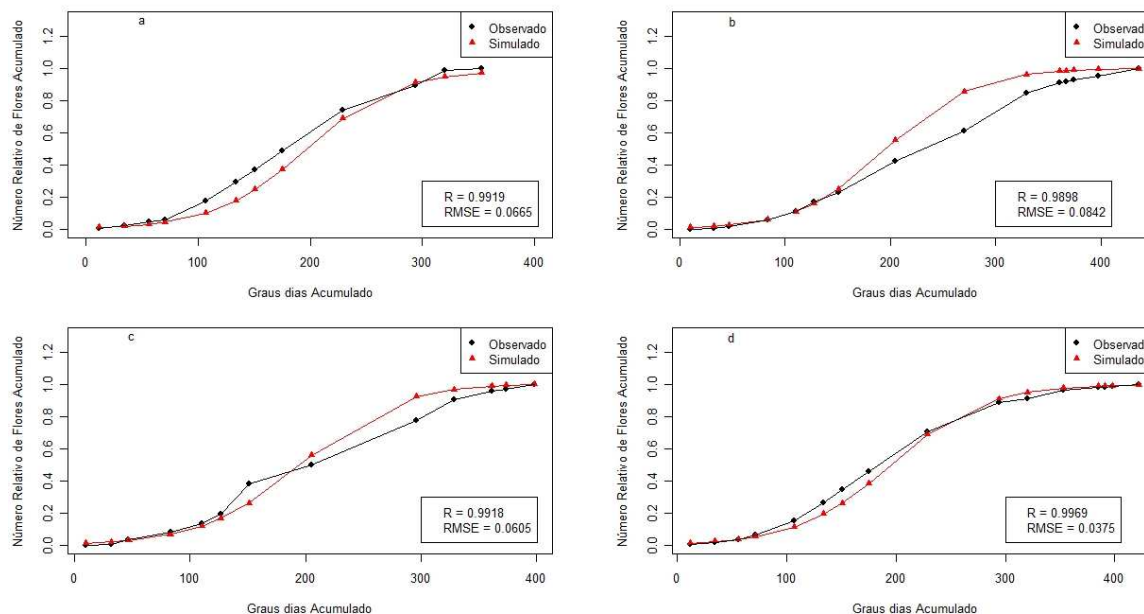


Figura 3. Número relativo de flores de canola observado em 2008 (observado) e número relativo de flores estimado pelos modelos ajustados em 2007 (simulado), em função de graus dia acumulados para o híbrido Hyola 61 (b); curva de floração da canola para o híbrido Hyola 401 (c); curva de floração da canola para o híbrido Hyola 432 (d), com respectivos coeficientes de correlação (R) e raiz quadrada do erro médio (RMSE). Passo Fundo, RS - 2009.

CONCLUSÃO: O modelo logístico explica satisfatoriamente a floração acumulada absoluta e relativa da canola e, portanto, pode ser utilizado para estimativa do número de flores abertas como função do acúmulo de graus dia.

AGRADECIMENTOS: Aos estagiários Gilso Fanton, Irton Luersen e Juliano Coto Guerreiro, pela importante colaboração nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; PIRES, J. L. F.; TOMM, G. O.; PASINATO, A.; LEURSEN, I.; FANTON, G. Efeito da geada na canola. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, 2007, Aracaju. **Anais...**Aracaju: SBA, 2007a. CD-ROM.
- MORRISON, M. J., McVETTY, P. B. E., SHAYKEWICH, C. F. The determination and verification of a baseline temperature for the growth of westar summer rape. **Canadian Journal Plant of Science**, v. 69, p. 455-464, 1989.
- STAFF, O. Spring and winter canola. In: STAFF, O. **Agronomy Guide for Field Crops – Publication 811**. 2009. Disponível em: <www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/p811toc.html>. Acesso em: 10 set. 2008.
- THOMAS, P. **The Growers' Manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <http://www.canolaconcil.org/canola_growers_manual.aspx>. Acesso em: 02 set. 2008.
- TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, RS. 2007. 68 p.