

Produção de genótipos de *Curcubita pepo* descrita por modelos não-lineares

Patrícia Jesus de Melo¹, Alessandro Dal' Col Lúcio², Bruno Giacomini Sari¹, Maria Inês Diel¹, Dionatan Ketzer Krysczun¹, Darlei Michelski Lambert³, João Alberto Zemolin³, Alessandro Fernandes da Rosa³, Lucas Encarnação Marques³

1-Introdução

Buscando descrever a resposta da produção de hortaliças tem sido bastante utilizado os modelos de regressão não-linear. Com o agrupamento das múltiplas colheitas realizadas na mesma planta, pode-se observar um comportamento sigmoide quando ocorre apenas um pico de produção possibilitando, assim, ajustar modelos de regressões não-lineares conhecidos como modelos de crescimento (LÚCIO; NUNES; REGO, 2015; LÚCIO et al., 2016; DIEI et al., 2019; SARI et al., 2019).

Uma resposta possível é a cultura apresentar dois picos de produção e, neste caso, o comportamento é denominado duplo sigmoidal (FERNANDES; PEREIRA; MUNIZ, 2017). Uma das vantagens de utilizar os modelos de crescimento é inferir sobre a resposta produtiva da cultura, permitindo determinar a precocidade produtiva das culturas olerícolas. Além disso, a resposta produtiva estimada pelos modelos de regressão não-linear pode servir de apoio para o planejamento do cultivo, pois refletem de forma clara o início, pico e queda da produção das culturas (FERNANDES et al., 2014).

A precocidade produtiva pode ser indicada por meio das estimativas de parâmetros e interpretação de pontos críticos, definida com rigor estatístico e não de forma subjetiva (SARI et al., 2019). Para descrever melhor a produção de culturas olerícolas o modelo logístico tem sido o mais utilizado devido as estimativas dos parâmetros serem mais próximos de ser não viesados, ou seja, descrevem a produção da cultura de forma mais próxima da realidade.

Com o intuito de aprofundar os estudos sobre genótipos de *Curcubita pepo*, este trabalho teve como objetivo descrever a produção das cultivares Caserta e um híbrido PX 13060 706 por meio de modelos de regressão não linear logístico e logístico duplo.

2-Materiais e métodos

O experimento foi realizado no ano de 2018 na área experimental da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) na cidade de Santa Maria – Rio Grande do Sul, situada a 29°43 'S e 53°43 'W com 95 metros de altitude. A adubação foi realizada conforme a necessidade e de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgronomia), Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. email: patty_de_melo@yahoo.com.br, brunosari@hotmail.com, mariaines.diel@hotmail.com

²Departamento de Fitotecnica, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. email: adlucio@ufsm.br

³Curso de Agronomia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com oito repetições com cada parcela experimental compostas de sete plantas para cada cultivar. Os tratamentos foram a cultivar Caserta e o híbrido PX 1306 706. As mudas foram produzidas em badejas de poliestireno e transplantadas no dia 24/10/2018. As colheitas foram realizadas aos 25, 28, 31, 34, 37, 40, 43, 46, 49, 51, 53, 55, 58, 61, 63, 65 e 67 dias após o transplante (DAT).

Os frutos foram colhidos com comprimento superior a 15 cm e após colhidos foram acondicionados em sacos plástico e levados para o laboratório onde foram pesados em balança digital com precisão de miligramas. Para os valores obtidos da massa de frutos em cada colheita, primeiro foi realizada a média das repetições e, posteriormente, realizada o agrupamento das colheitas para cada cultivar, seguindo o modelo de crescimento a) Logístico e b) Logístico duplo:

$$a) \quad y_i = \frac{\beta_1}{1 + e^{(\beta_2 - \beta_3 t_i)}} + \varepsilon_i$$

$$b) \quad y_i = \frac{\beta_1}{1 + e^{(\beta_2 - \beta_3 t_i)}} + \frac{\beta_4 - \beta_1}{1 + e^{(\beta_5 - \beta_6 t_i)}} + \varepsilon_i$$

Onde:

y_i = Valor da variável acumulada ao longo do tempo, número e peso da fruta (variável dependente);

t_i = É o intervalo de tempo entre o transplante e a colheita (variável independente);

β_1 = É o parâmetro que representa o valor assintótico;

β_2 = Reflete a distância entre o valor inicial e o valor assintótico;

β_3 = Taxa de produção de frutos.

As estimativas dos parâmetros foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados utilizando o processo iterativo de Gauss Newton. Os pressupostos de normalidade, homogeneidade e independência dos resíduos foram testados pelos métodos de Shapiro Wilk (SW), Breusch-Pagan (BP) e Durbin-Watson (DW), respectivamente. Para verificar se o comportamento era sigmoidal (modelo logístico) ou duplo-sigmoidal (modelo logístico duplo) foi realizado um teste F. Para cálculo do teste F, a seguinte fórmula foi utilizada:

$$F_{calc} = \{[SQ_{Erro}(\Omega) - SQ_{Erro}(\omega)] / [GL_{Erro}(\Omega) - GL_{Erro}(\omega)]\} / QM_{Erro}(\omega)$$

Onde:

$SQ_{Erro(\Omega)}$ = Soma de Quadrado do modelo logístico

$SQ_{Erro(\omega)}$ = Soma de quadrado do modelo logístico duplo.

A estatística F possui distribuição de $F_{[v, GL_{Erro}(\omega)]}$ sobre H_0 , onde v é a diferença entre os GL_{erro} para o modelo completo e o modelo reduzido. As análises estatísticas foram realizadas no software

R(R CORE TEAM, 2019), tabulação e organização dos dados com o aplicativo Microsoft Office Excel®.

3-Resultados e Discussões

Os valores observados foram plotados e identificou-se a tendência de uma produção no formato duplo sigmoidal. Além disso, no modelo sigmoidal simples os pressupostos dos modelos foram violados (Tabela 1). A análise gráfica dos valores observados e a violação destes pressupostos indica que o comportamento da produção da abobrinha não é sigmoidal como observado em diversas culturas oleícolas (LÚCIO et al., 2016; DIEL et al., 2019; SARI et al., 2019). Partindo desse pressuposto, ajustou-se um modelo logístico duplo.

Ao ajustar um modelo duplo sigmoidal os pressupostos do modelo foram atendidos. Além disso, o teste F confirma que o modelo duplo-sigmoidal é mais apropriado para descrever o comportamento produtivo da abobrinha (Tabela 2).

Tabela 1. Valores de P para os testes Breusch-Pagan (BP), DurbinWatson (DW), Shapiro-Wilk (SW) e aplicados aos resíduos, do modelo Logistic e Logistic Duplo.

Cultivar	Logistic			Logistic duplo		
	BP	DW	SW	BP	DW	SW
Caserta	0,0159	-	0,9988	0,5651	0,802	0,48
PX 1306 7061	0,0332	0,002	0,0473	0,5959	0,208	0,4846

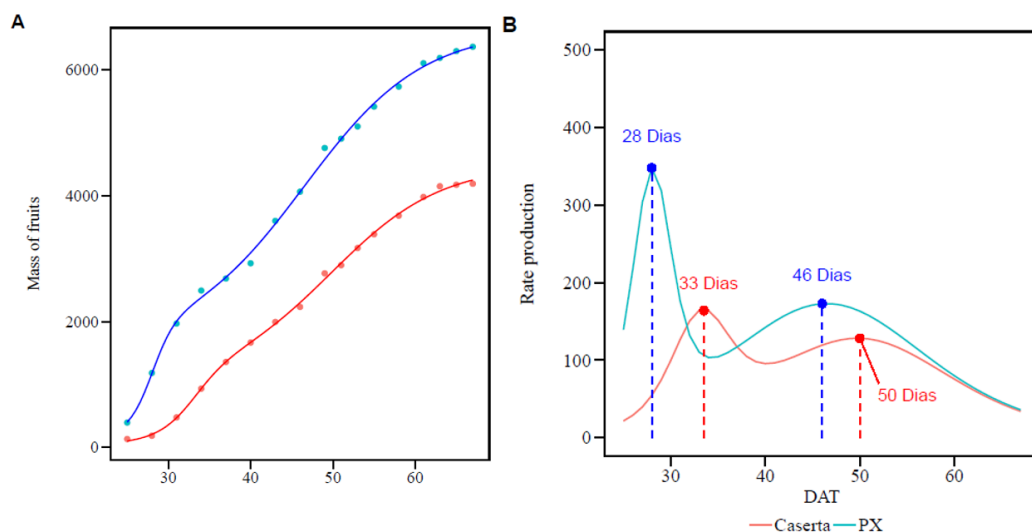
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2. Análise de variância entre os modelos logístico e logístico duplo para as duas cultivares.

Caserta						
Teste F	GL	SQ	Diferença.GL	Diferença.SQ	F	p-valor
Logístico	14	253249				
Logístico duplo	11	28523	3	224726	28,89	0,000016
PX 1306 7061						
Teste F	GL	SQ	Diferença.GL	Diferença.SQ	F	p-valor
Logístico	14	723778				
Logístico duplo	11	98598	3	625180	23,24	0,000045

Fonte: Elaborado pelo autor

O incremento da produção tende a ser elevado no início das colheitas em ambos os tratamentos. Para PX 1306 706 esse pico ocorre mais precocemente (aos 28 DAT) do que na cultivar Caserta. Após um período de aproximadamente 17-18 dias um segundo pico é observado em ambas as cultivares (Figura 1). Na cultivar PX 1306 706 esse pico ocorre aos 46 DAT enquanto que na cultivar Caserta esse pico ocorre aos 50 DAT. Percebe-se claramente uma produção mais precoce da cultivar PX 1306 706 em relação a cultivar Caserta (Figura 1).



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 1. Valores observados (pontos), modelo logístico duplo ajustado (linhas) (A) e pontos dos picos produtivos (B), para ambos as cultivares em dias após o transplante (DAT).

Quando o híbrido PX 1306 706 tende a reduzir a sua produção, a cultivar Caserta atinge o seu ápice. Isso garante que o produtor tenha uma produção homogênea ao longo do ciclo de cultivo. Assim é possível manter a oferta de produto durante todo o ciclo produtivo, o que pode ser uma vantagem mercadológica para o produtor. Em relação a produção final, observa-se que o híbrido PX 1306 706 foi mais produtivo que a cultivar Caserta (Figura 1 A). O cultivar Caserta apresentou produtividade média por planta de 4,49 quilogramas e a cultivar PX 1306 706 6,63 quilogramas.

4-Conclusão

A resposta produtiva dos genótipos PX 1306 706 e Caserta é duplo sigmoidal.

O híbrido PX 1306 706 apresentou maior precocidade produtiva e produção em relação a cultivar Caserta.

A utilização para cultivo das duas cultivares proporciona maior homogeneidade de produção ao longo do cultivo, dispondo ao produtor oferta constante de produto ao mercado.

5-Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pela concessão de espaço e área para desenvolvimento das atividades referente a pesquisa desenvolvida.

6-ReferênciasBibliográficas

DIEL, M. I. et al. Nonlinear regression for description of strawberry (*Fragaria x ananassa*) production. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 94, n. 2, p. 259–273, 2019.

FERNANDES, T. J. et al. Seleção de modelos não lineares para a descrição das curvas de crescimento do fruto do cafeeiro. **Coffe Science**, v. 9, n. 2, p. 207–215, 2014.

FERNANDES, T. J.; PEREIRA, A. A.; MUNIZ, J. A. Double sigmoidal models describing the growth of coffee berries. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, p. 1–7, 2017.

LÚCIO, A. D. C. et al. Modelos não-lineares para a estimativa da produção de tomate do tipo cereja. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 233–241, 2016.

MUIANGA, C. A. et al. Descrição da curva de crescimento de frutos do cajueiro por modelos não lineares. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 22–32, 2016.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

SARI, B. G. et al. Nonlinear growth models : An alternative to ANOVA in tomato trials evaluation. **European Journal of Agronomy**, v. 104, n. November 2017, p. 21–36, 2019.