

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DE ABELHAS OPERÁRIAS *Apis mellifera* L. UTILIZANDO MODELO ASSINTÓTICO-SIGMÓIDE DE CRESCIMENTO DIFÁSICO

HÉLIO CARLOS ROCHA¹; MARIA TEREZINHA TROVARELLI TORNERO²; SILVIA REGINA CUNHA FUNARI³

¹FAMV, Universidade de Passo Fundo - Passo Fundo, RS, 99.170-001. E-mail: helio@upf.tche.br

²Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências/UNESP/Campus de Botucatu, 18618-000 - Botucatu, SP.

³Departamento de Produção e Exploração Animal, FMVZ/UNESP/Campus de Botucatu, 18618-000 - Botucatu, SP.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estudar o modelo de crescimento de operárias de abelhas africanizadas e de seus híbridos com abelhas cárnicas e italianas, do período da eclosão até a emergência das abelhas. As rainhas foram presas em um favo sem crias e alimentos, para a determinação da postura. Amostras de larvas e/ou pupas de abelhas, foram pesadas em intervalos de 24 horas e, no período do sexto ao oitavo dia, as pesagens foram realizadas em intervalos de 12 horas. Foi construído um modelo difásico não monotônico, composto de uma função logística, correspondente à fase em que a larva foi alimentada, subtraída de uma função exponencial, correspondente ao restante do período de observação. Por meio de um processo iterativo, estimou-se os parâmetros da curva de crescimento, utilizando as médias diárias de 15 indivíduos. Os dados apresentados são, respectivamente, estimativas e desvios-padrões (.) para abelhas africanizadas e suas híbridas italianas e cárnicas. A massa ponderal máxima (α_1) foi estimada em 135,1225mg (5,1350mg), 132,9758mg (6,1729mg) e 133,2484mg (6,6957mg). A estimativa do tempo para alcançar 50% desse peso (d_1), foi de 6,4 dias (0,0390 dias), 6,22 dias (0,05189 dias) e 6,45 dias (0,0474 dias). O parâmetro vinculado à taxa de crescimento (γ_1) foi estimado em 3,5900/dia (0,5193/dias), 2,4072/dias (0,3577/dias) e 3,9477/dias (0,7744/dias). Os parâmetros da parte exponencial (α_2) foram: 6,2678mg (5,7647mg); 3,0319mg (4,2365mg) e 4,7950mg (5,8728mg); (γ_2) 0,3066/dias (0,1666/dias), 0,2304/dias (0,1325/dias) e 0,2448/dias (0,1446/dias). Os coeficientes de determinação foram de 99%; 99% e 98%.

Palavras-chave: curvas de crescimento; assintótico-sigmóide; difásico, *Apis mellifera* L.

DETERMINATION OF THE GROWTH CURVES OF WORKER BEES (*Apis mellifera* L.) BY MEANS OF AN ASYMPTOTIC-SIGMOID DIPHASE GROWTH MODEL

ABSTRACT: The objective of this research was to study a growth model for africanized honeybees worker's and their hybrids with carniolan and italian bees, from the time of eclosion to the emergence of imago. To determine egg-laying time, the queens were kept without food in frames with a single comb. Larvae and/or pupae were weighed at 24-hour interval and, from day six to eight, they were weighed at 12-hours interval. A monotonic, two-phase model was

used to determine the larvae or pupae growth rate. This model comprised of a logistic function, which corresponded to the time in which the larvae was kept without food, subtracted from an exponential function, which corresponded to the rest of the observation period. Through an interactive process, the growth curves parameters of 15 individuals were estimated. The results obtained are estimates and standard deviations for Africanized honeybees and their Italian and Carniolan, respectively. The maximum body weight (standard deviations) body weight (α_1) was 132.9758mg (6.1729mg); 133.2484mg (6.6957mg) and 135.1225mg (5.1350mg). The estimated times to reach 50% of this weight (d_1) was 6.22 days (0.0518 days), 6.45 days (0.0474 days) and 6.48 days (0.0390 days). The parameter related to the growth rate (γ_1) was estimated in 2.4072/day (0.3577/day); 3.9477 day (0.7744/day) and 3.5900/day (0.5193/day). The parameters from the exponential (α_2) was 3.0319mg (4.2365mg); 4.7950mg (5.8728mg) and 6.2678mg (5.7647mg); and for (γ_2) the parameters were 0.2304/day (0.1325/day); 0.2448/day (0.1446/day) and 0.3066/day (0.1666/day). The determination coefficients were 99%, 98% and 99%.

Key words: growth curves; honeybees; asymptotic-sigmoid; diphasic; *Apis mellifera* L.

INTRODUÇÃO

Os padrões de curvas de crescimento na área zootécnica estão relacionados com modelos de crescimento assintóticos. Estes podem descrever relações de peso e idade, expressando os valores de uma variável de interesse em função do tempo.

As funções assintóticas-sigmóides desempenham importante papel em estudos de crescimento, para os quais os modelos lineares não são apropriados; o aspecto gráfico característico do processo é em forma de "S", tendendo a estabilidade. Considerando que essas condições podem ser satisfeitas por diferentes funções matemáticas, e que nem sempre existem informações definidas sobre relações, ou uma equação diferencial específica, é necessário pesquisar, no campo zootécnico, o tipo de função assintótico-sigmóide que melhor descreve os dados de crescimento (VIEIRA, 1975)

Nos modelos assintóticos, o peso corresponde à assíntota, que não fornece o peso máximo do animal, mas sim, um valor assintótico médio, pois muito da variação do peso individual, devido às flutuações curtas na composição corporal, é contrabalançada na média, pois todos os dados participam da estimativa da assíntota. A assíntota representa mais o peso à maturidade sob uma condição constante de ambiente, em relação ao padrão individual da composição corporal, do que um peso particular (BROWN *et al.*, 1976).

Argumentos biológicos para a existência de fases são citados por ROBINSON (1976), que estudou os padrões de crescimento de suínos. O referido autor mencionou que o crescimento pode ser considerado uma combinação de processos físicos como hiperplasia e hipertrofia, os quais induzem o desenvolvimento volumétrico e mudanças químicas, que são responsáveis pela maturidade fisiológica. Desse modo, pode ser considerado sob o aspecto de crescimento da massa corporal no tempo e sob mudanças na forma ou composição, resultantes das diferentes taxas dos componentes. A existência de fases de crescimento, segundo KOOPS (1986), induz à utilização de modelos multifásicos. Em grande parte dos trabalhos, os parâmetros são estimados simultaneamente.

TORNERO (1996) trabalhou com modelos assintótico-sigmóides multifásicos de curvas de crescimento aplicadas à zootecnia. Os modelos matemáticos para crescimento são úteis porque resumem informações obtidas de uma seqüência de pontos, em poucos valores que facilitam comparações objetivas da eficiência do crescimento. A obtenção de um modelo matemático que contemple as fases do crescimento de um organismo é do interesse de pesquisadores e produtores, pois seu emprego pode indicar distintas ações para cada fase e tempos menores nos processos de interesse, como por exemplo a seleção.

TORNERO *et al.*, (1998) trabalhando com pesagem de 15 larvas e/ou pupas de abelhas operárias (*Apis mellifera* L.) a cada 24 horas, construíram um modelo difásico não monotônico, composto de uma função logística subtraída de uma exponencial, correspondente ao restante do período de observação (até o nono dia após a postura) e o restante do período de observação (do décimo ao vigésimo dia). Os parâmetros estimados e respectivos desvios-padrões (.) foram: (α_1) em 130,44mg (20,724mg); (d_1) em 9,7 dias (0,174934 dias); (γ_1) em 1,2969/dias (0,369959/dias); (α_2) em 1,3212mg (7,931mg) e (γ_2) $2,6165 \cdot 10^{-1}$ dia (0,479531 dia⁻¹).

O objetivo do presente trabalho foi estudar o modelo de curvas assintótico-sigmóides de crescimento difásico em operárias de abelhas africanizadas e de seus híbridos com abelhas italianas e cárnicas, do período da eclosão até a emergência das abelhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Apicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, câmpus de Botucatu, localizado na Fazenda Lageado, com altitude média de 723 m, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: 22°49' de latitude sul, 48°24' de longitude oeste, clima Cfa, com temperatura média anual igual a 21,2 °C e precipitação pluviométrica igual a 1165 mm.

Foram utilizadas três colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) e de seus híbridos com abelhas italianas e cárnicas, alojadas em colmeias Langstroth, mantidas em cavaletes individuais e com áreas semelhantes de cria e alimento, de acordo com AL-TIKRITY *et al.* (1971). As rainhas utilizadas foram produzidas no próprio apiário e fecundadas por zangões africanizados em vôo livre. Quando o trabalho foi desenvolvido as rainhas tinham três meses de idade. Para determinação da postura as rainhas foram presas em um favo sem crias e alimento. Amostras de larvas e/ou pupas de abelhas, foram pesadas em balança de precisão (10⁻⁴g), em intervalos de 24 horas e, no período do sexto ao oitavo dia, em intervalos de 12 horas. Foi construído um modelo

difásico não monotônico, composto de uma função logística à fase em que a larva foi alimentada, subtraída de uma exponencial, correspondente ao restante do período de observação. Os parâmetros da curva foram estimados pelo processo iterativo de Marquardt, utilizando-se as médias diárias de 15 indivíduos. Foi utilizado um programa escrito em SAS/IML (TORNERO, 1996), devidamente adaptado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas, desvios-padrões, variâncias do resíduo e coeficientes de determinação para as abelhas operárias de abelhas africanizadas e seus híbridos com abelhas italianas e cárnicas são apresentados no Quadro 1.

A massa ponderal máxima (α_1) estimada e a estimativa do tempo para alcançar 50% desta (d_1), foram superiores nas abelhas africanizadas quando comparadas com as demais abelhas. Este fato pode estar associado a diversas variáveis, entre elas, a maior disponibilidade de abelhas nutrizas nas colônias, entrada de alimento no decorrer do experimento e/ou associado a consumos diferenciados.

Biologicamente, todas as larvas encontravam-se no período final de "larvas na posição deitada" (LD), e anterior em meio dia ao aparecimento de "larvas na posição vertical" (LV). Estes dados indicam que, nas abelhas híbridas com italianas, a eficiência na alimentação das crias foi maior, atingindo uma massa maior em menor tempo.

A massa ponderal estimada nos imagos das operárias foram: 106,085mg, 105,905mg e 101,659mg respectivamente para as abelhas africanizadas e seus híbridos com abelhas italianas e cárnicas.

A diminuição da massa ponderal no modelo teve início aos 8,5 dias nas italianas, aos 10,3 dias nas cárnicas e aos 12,0 dias nas africanizadas, nos estágios de LV e pupa. O critério utilizado foi a menor porcentagem de viés das estimativas.

Quadro 1. Estimativas e desvios-padrões (.) dos parâmetros α_1 , d_1 , γ_1 , α_2 , γ_2 , variâncias do resíduo, coeficientes de determinação e valor de k no modelo da curva de crescimento da massa ponderal (Y) a partir da fase de larva (t) $Y = \alpha_1 / \{1 + \exp[-\gamma_1(t - d_1)]\} - \alpha_2 \exp[\gamma_2(t - k)]$ para abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas e suas híbridas com italianas e cárnicas.

Parâmetros	Italianas (híbridas)	Cárnicas (híbridas)	Africanizadas
α_1	132,9758 (6,1729)	133,2484 (6,6957)	135,1225 (5,1350)
d_1	6,2210 (0,0518)	6,4510 (0,0474)	6,4859 (0,0390)
γ_1	2,4072 (0,3577)	3,9477 (0,7744)	3,5900 (0,5193)
α_2	3,0319 (4,2365)	4,7950 (5,8728)	6,2678 (5,7647)
γ_2	0,2304 (0,1325)	0,2448 (0,1446)	0,3066 (0,1666)
Variância do Resíduo	0,0000283	0,0000484	0,0000297
R ² (%)	99,2	98,6	99,2
K	8,5	10,3	12,0

* α_1 e α_2 em mg; d_1 em dia; γ_1 e γ_2 em dia⁻¹; K em dia.

As curvas com os valores observados e estimados são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3.

Fato semelhante ocorreu em relação às exponenciais, indicando uma desaceleração ou perda estimada a partir da operculação. A perda foi inferior a 6,2678mg, sendo registrado um aumento a partir de então, atingindo 4,43% do potencial da massa máxima nas italianas e 6,25% nas demais, por ocasião da emergência das abelhas.

Os modelos ajustados sugerem que as híbridas com italianas são mais precoces na fase de aquisição de massa, mas também, iniciam a perda também mais cedo. Já nas abelhas africanizadas o desenvolvimento é mais tardio na fase de aquisição de massa, no entanto, elas mantêm massa por mais tempo, e a perda se inicia tardiamente. As híbridas com cárnicas aparentemente são intermediárias entre as híbridas com italianas e africanizadas,

tanto na fase de aquisição como de perda de massa ponderal.

Os tempos para a emergência das italianas e cárnicas foram iguais (18 dias), diferindo somente nas africanizadas, que foram mais precoces em um dia (17 dias). Estes dados concordam com os de TORNERO *et al.*, (1998), que trabalhando com operárias de abelhas africanizadas, também encontraram este valor. Apesar da provável semelhança genética entre o material estudado, futuros trabalhos nesta área, deveriam testar subespécies reconhecidamente puras.

Estatisticamente há necessidade de melhorar o modelo, para que técnicas de inferência possam ser aplicadas.

Embora mais de 98% (R²) da variação em torno da média para cada tipo de abelha, no período estimado, seja explicado pelo modelo proposto, outros indicadores da qualidade do ajuste

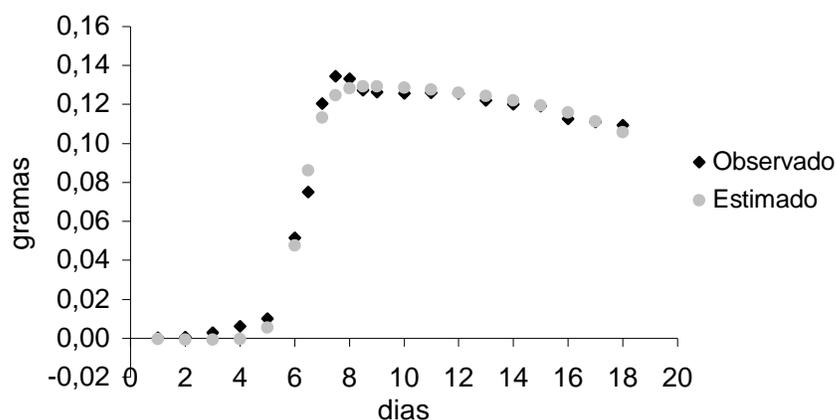


Figura 1. Valores observados e estimados pelo modelo $Y = \alpha_1/[1+\exp[-\gamma_1 (t-d_1)]]-\alpha_2\exp[\gamma_2 (t- 8,5)]$ para massa ponderal (Y) em função do tempo (dias) para larvas e pupas de operárias de abelhas italianas híbridas com africanizadas (*Apis mellifera* L.).

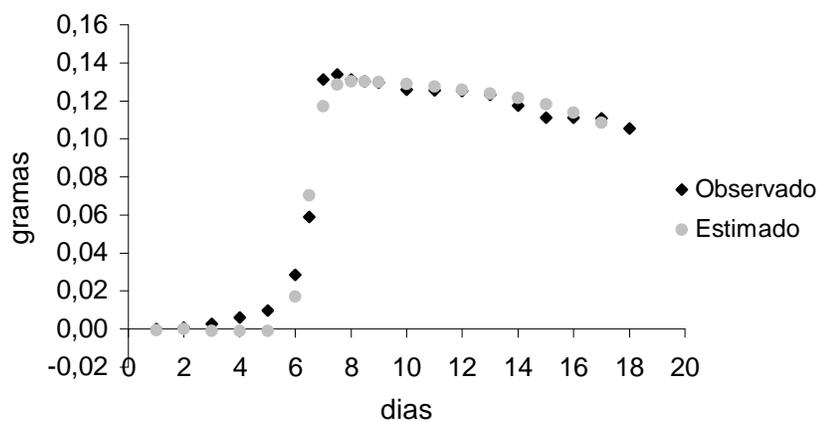


Figura 2. Valores observados e estimados pelo modelo $Y = \alpha_1/[1+\exp[-\gamma_1 (t-d_1)]]-\alpha_2\exp[\gamma_2 (t- 10,3)]$ para massa ponderal (Y) em função do tempo (dias) para larvas e pupas de operárias de abelhas cárnicas híbridas com africanizadas (*Apis mellifera* L.).

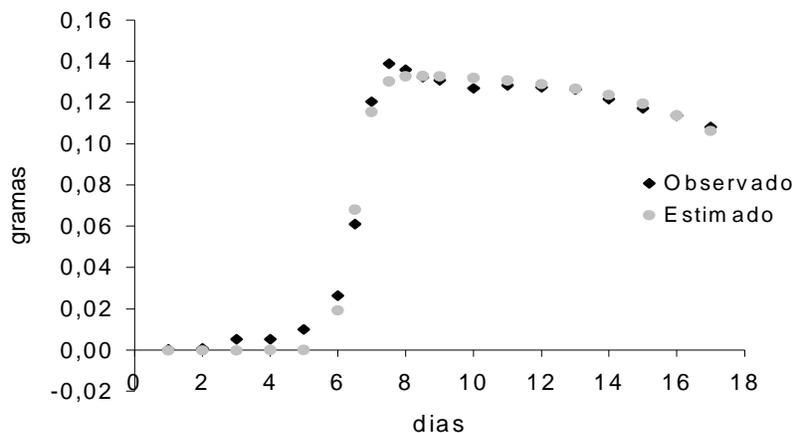


Figura 3. Valores observados e estimados pelo modelo $Y = \alpha_1/[1+\exp[-\gamma_1 (t-d_1)]]-\alpha_2\exp[\gamma_2 (t- 12,0)]$ para massa ponderal (Y) em função do tempo (dias) para larvas e pupas de operárias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).

(coeficiente de não linearidade por efeito de parâmetro e intrínseco) indicam que o modelo é adequado ($K_{in} < 0,2$), mas sugerem ($K_{ep} > 0,2$) reparametrização, embora a parametrização usada tenha sido escolhida para fornecer significado biológico imediato.

Por outro lado, as precisões dos estimadores da fase de perda de massa ponderal são baixas, indicando a necessidade de pesagens em intervalos menores. Além disso, os estimadores iniciais da massa ponderal foram negativos, também indicando a necessidade de pesagens em intervalos menores e instrumentos de maior acuidade.

CONCLUSÕES

Os dados apresentados permitem formular as seguintes conclusões:

O tempo observado para o nascimento das abelhas operárias, considerando um período de

três dias para a fase de ovo, foi de 21 dias para as híbridas com italianas e cárnicas, e 20 para as africanizadas.

A massa ponderal máxima estimada foi maior nas operárias de abelhas africanizadas.

O tempo estimado para atingir a massa máxima foi de 8,5 dias para as híbridas com italianas, 10,3 dias para as híbridas com cárnicas e de 12,0 dias para as africanizadas.

As híbridas com italianas foram as que apresentaram a menor estimativa de tempo para atingir 50% da massa corporal máxima, com 6,2 dias.

As curvas de crescimento utilizando modelos assintótico-sigmóides de crescimento difásico logístico-exponencial aplicam-se ao estudo do desenvolvimento de larvas e pupas de abelhas operárias (*Apis mellifera* L.).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-TIKRITY, W.S., HILLMANN, R.C., BENTON, A.W. et al. A new instrument for brood measurement in a honey bee colony. *Am. Bee J.*, Hamilton, v.111, p. 20-26, 1971.
- BROWN, J.E., FITZBURG, Jr., H.A., CARTWRIGHT, T.C. A comparison of linear models for describing weight-age relationships in cattle. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v.42, p. 810-818, 1976.
- KOOPS, W.J. Multiphasic growth curve analysis. *Growth*, v. 50, p.169-177, 1986.
- ROBINSON, O.W. Growth patterns in swine. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 42, p.1024-1035, 1976.
- TORNERO, M.T.T. *Utilização de modelos assintótico-sigmóides de crescimento multifásico com sazonalidade em estudos zootécnicos*. Botucatu : UNESP/ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 1996. 131 f. Tese de Doutorado.
- TORNERO, M.T.T., ROCHA, H.C., GARCIA, R.C. et al. Modelo de curva de crescimento em operárias de abelhas *Apis mellifera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., Salvador, 1998. Resumos... Salvador : CBA, 1998. p .256.