

# A DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL COMO MODELO DE SOBREVIVÊNCIA DE INSETOS

R.B. SGRILLO

Pesquisador da Seção de Entomologia - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP - 13.400 Piracicaba SP  
Aceito para publicação: 15.03.82

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estabelecer a conveniência de se utilizar como modelo de sobrevivência de insetos a distribuição de Weibull. Para esse fim populações de 6 espécies de insetos pragas de produtos armazenados foram mantidos em regime de inanição, contando-se, periodicamente, o número de sobreviventes. Com esses dados estimou-se os parâmetros da distribuição, concluindo-se pela validade do modelo proposto.

**PALAVRAS CHAVES:** Sobrevivência, inanição, modelo, produtos armazenados

## ABSTRACT

### WEIBULL DISTRIBUTION AS A MODEL OF INSECT SURVIVAL

The objective of this work was to determine the convenience of using Weibull distribution as a model of insect survival. Six populations of stored grain pests were kept under non-feeding conditions, and the number of survivors periodically counted. Distribution parameters were estimated from the data obtained and it was concluded on the viability of the model for the determination of insect survival.

**KEY WORDS:** survival, non-feeding, model, stored grain

O estudo da sobrevivência de populações de insetos é de grande interesse aos entomólogos, seja para comparações entre populações que receberam diferentes tratamentos ou para análise de populações naturais.

Normalmente, na literatura, resultados dessa natureza são apresentados em forma de longevidade média ou em tabelas de mortalidade, na forma de esperança de vida. A longevidade média não indica, por exemplo a variação da taxa de mortalidade no tempo. As tabelas de mortalidade, embora ofereçam maior quantidade de informações, exigem cálculos extensivos ou observações em intervalos constantes.

As principais vantagens da utilização da distribuição de Weibull para análise da sobrevivência é que através

da estimativa de apenas dois parâmetros se obtém informações tanto de longevidade média quanto sobre tipo de curva de sobrevivência que a população apresenta sendo que as observações para as coletas de dados não necessitam ser realizados em intervalos constantes.

O objetivo do presente trabalho foi testar a distribuição de Weibull para a análise da sobrevivência de insetos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo JOHNSON e KOTZ (4), a distribuição de Weibull tem a seguinte distribuição de densidade

$$f(t) = \exp [-(t/b)^c] \quad t \geq 0 \quad (1)$$
$$c, b > 0$$

com a seguinte distribuição cumulativa

$$F(t) = 1 - \exp [-(t/b)^c] \quad (2)$$

onde  $c$  é chamado de parâmetro de forma e  $b$  de parâmetro de escala.

Existem diversos métodos de estimativa desse parâmetro e de seus intervalos de confiança (MENON, (5); ENGE-LHARDT, (1)).

HAHN e SHAPIRO (3) propõem o método mais simples que consiste em transformar  $F(t)$  e  $t$ , de maneira que  $F(t)$  se torne uma função linear de  $t$  sendo  $c$  e  $b$  obtidos pelo método dos quadrados mínimos.

A forma da curva de sobrevivência é determinada exclusivamente pelo parâmetro  $c$ .

Se a população considerada tem uma dependência de sobrevivência do tipo I, isto é, a taxa de mortalidade aumenta com o tempo, o valor de  $c$  será maior do que 1. Para dependência de sobrevivência tipo II, ou seja, taxa de mortalidade constante o valor de  $c$  será semelhante a 1. E se a dependência de sobrevivência for do tipo III, onde a taxa de mortalidade decresce com o tempo, o valor de  $c$  será menor do que 1.

A longevidade média é obtida através de  $c$  e  $b$ , com utilização da função gama (PINDER et alii, (6)):

$$\bar{m} = b \Gamma (1 + 1/c) \quad (3)$$

Em adição, segundo PINDER et alii (6) tem-se ainda a possibilidade de se estimar a taxa instantânea ( $h$ ) de mortalidade, dada por:

$$h(t) = (c/b) (t/b)^c - 1 \quad (4)$$

e a taxa específica de mortalidade ( $M$ ) para um determinado intervalo  $t$ ,  $t + 1$ , estimada pela seguinte equação:

$$M(t, t+1) = 1 - \exp [(t/b)^c - ((t+1)/b)^c] \quad (5)$$

A distribuição de Weibull já foi utilizada como modelo para sobrevivência

humana (GEHAN e SIDDIQUI, (2)) e para sobrevivência de pássaros, roedores e mamíferos (PINDER et alii, (6)). SGRILLO (7) utiliza essa distribuição como modelo para sobrevivência de adultos da broca de cana de açúcar, *Diatraea saccharalis*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As estimativas de  $c$  e  $b$  foram obtidas através do método dos quadrados mínimos, linearizando-se a função da seguinte forma:

$$L(-L(P)) = cL(t) - cL(b) \quad (6)$$

onde:  $L$  = logaritmo neperiano  
 $P$  = proporção de sobrevivência  
 $(0 < P < 1)$   
 $t$  = tempo (dias) ( $t > 0$ )  
 $c$  = parâmetro de forma  
 $b$  = parâmetro de escala

Os dados para aplicação da distribuição considerada foram obtidos de testes realizados na Seção de Entomologia do CENA. Esses testes, consistiram em conservar em regime de inanição, populações constituídas de aproximadamente 100 exemplares das seguintes espécies: *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (COL : BRUCHIDAE); *Callosobruchus analis* (F.) (COL : BRUCHIDAE); *Sitophilus oryzae* (L.) (COL : CURCULIONIDAE); *S. zeamais* (Mots) (COL : CURCULIONIDAE); *Lasioderma serricorne* (F.) (COL : ANOBIIDAE) e *Tribolium castaneum* (Herbst.) (COL : TENEBRIONIDAE). O número de insetos sobreviventes era contado periodicamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 constam os valores das estimativas dos parâmetros  $c$  e  $b$  para cada espécie (equação 6) e as respectivas longevidades médias, calculadas de acordo com a equação 3.

Os insetos sobreviventes observados e os valores estimados pela equação (1).

em cada intervalo, constam no Quadro 2 juntamente com os valores do teste de  $X^2$  e os graus de liberdade.

Ao nível de 5% nenhum  $X^2$  foi significativo o que demonstra uma boa concordância entre os valores observados e os estimados (Figura 1), se bem que para S. zeamais o  $X^2$  se aproxima do valor significativo a 1%.

Através da observação dos dados da Quadro 1 verifica-se que para as espécies S. zeamais, T. castaneum e especialmente S. oryzae a taxa de mortalidade cresce com o tempo, enquanto que para L. serricorne permanece aproximadamente constante, conforme demonstrado pelo parâmetro  $\hat{c}$ . A análise desse parâmetro e da longevidade média summariza, portanto, todas as informações sobre a sobrevivência da população.

## LITERATURA CITADA

1. ENGELHARDT, M., 1975. On simple estimation on the parameters of the Weibull or extreme-value distribution. *Technometrics*, 17:369-374.
2. GEHAN, E.A. e M.M. SIDDIQUI, 1973. Simple regression methods for sur-

vival time studies. *J. Am. Stat. Assoc.*, 68:848-856.

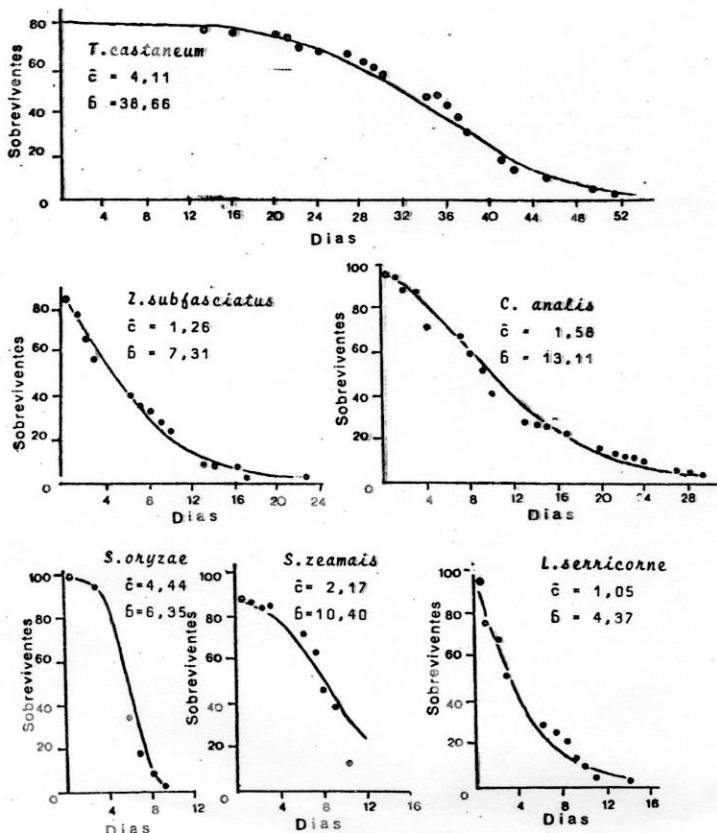
3. HAHN, G.J. e S.S. SHAPIRO, 1967. *Statistical models in engineering*. John Wiley and Sons., New York, 355 p..
4. JOHNSON, N.L. e S. KOTZ, 1970. *Distribution in statistics: Continuous univariate distributions-1*. Houghton Mifflin Co., Boston, 300 p..
5. MENON, M.V., 1963. Estimation of shape and scale parameters of the Weibull distribution. *Technometrics*, 5:175-182.
6. PINDER, J.E., J.G. WIENER e M.H. SMITH, 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. *Ecology*, 59(1): 175-179.
7. SGRILLO, R.B., 1979. Desenvolvimento de modelo matemático para populações de broca de cana de açúcar, *Diatraea saccharalis* (F.) e simulação da técnica do indivíduo estéril. Tese, ESALQ/USP, 200p.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Sra. Vera Lucia Ávila, pelos testes no laboratório.

**QUADRO 1.** Estimativa dos parâmetros de forma ( $\hat{c}$ ) e de escala ( $\hat{b}$ ) da distribuição de Weibull aplicada a sobrevivência de populações de algumas espécies de insetos mantidas em regime de inanição e respectivas longevidades médias ( $\lambda_m$ ).

Espécies	$\hat{c}$	$\hat{b}$	$\lambda_m$ (dias)
<i>Z. subfasciatus</i>	1,26	7,31	6,79
<i>C. annalis</i>	1,58	13,11	11,76
<i>S. zeamais</i>	2,17	10,40	9,23
<i>S. oryzae</i>	4,44	6,35	5,78
<i>L. serricorne</i>	1,05	4,37	4,28
<i>T. castaneum</i>	4,11	38,66	35,12



**FIGURA 1.** Sobrevivência de populações de algumas espécies de insetos mantidos em regime de inanição. Valores observados (pontos) e estimados com distribuição de Weibull (curva).

**QUADRO 2.** Exemplares sobreviventes observados (S) por dia e respectivos valores estimados ( $\bar{S}$ ) pela distribuição de Weibull, de algumas espécies de insetos mantidos em regime de inanição. Valores de  $\chi^2$  e respectivos graus de liberdade (GL).

Inter.	<i>Z. subfasc</i>		<i>C. annalis</i>		<i>S. zeamais</i>		<i>S. oryzae</i>		<i>L. serric.</i>		<i>T. cast.</i>	
	S	$\bar{S}$	S	$\bar{S}$	S	$\bar{S}$	S	$\bar{S}$	S	$\bar{S}$	S	$\bar{S}$
0	84	84	96	96	88	88	99	99	97	97	81	81
1	78	77	95	94	87	87			75	79		
2	66	69	89	91	86	86			65	63		
3	57	61	87	87	85	82	96	96	50	50		
6	40	39	71	72	72	65	33	46	28	24		
7	36	33	68	66	64	57	17	21	24	19		
8	33	27	59	61	48	50	9	6	20	15		
9	28	23	51	55	39	42	2	1	13	11		
10	24	19	41	50	12	35			8	9		
13	9	11	29	36					3	4	80	89
14	8	9	27	32					1	3		
16	6	6	25	28							78	79
17	2	5	22	21								
20	1	1	17	14							77	76
21			16	12							75	75
22			13	10							72	73
23			11	8								
24			10	7							70	70
27			5	4							67	64
28			4	3							64	62
29			2	3							61	60
30											59	57
34											49	45
35											48	42
36											42	38
37											37	35
38											31	32
41											18	23
42											14	20
45											10	13
49											5	6
51											2	4
$\chi^2$	6,71ns		10,82ns		16,89ns		6,93ns		5,97ns		6,85ns	
GL	11		18		6		3		8		18	