

# DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL BIÓTICO DA "BROCA DO CAFÉ" — *HYPOTHENEMUS HAMPEI* (FERR.) — E CONSIDERAÇÕES SÔBRE O CRESCI- MENTO DE SUA POPULAÇÃO

## III — CURVA TERMOMETABÓLICA DA "BROCA DO CAFÉ" E SUA APLICAÇÃO NO ESTUDO DO CRESCIMENTO DE SUA POPULAÇÃO (1)

LUIZ O. T. MENDES

*Engenheiro agrônomo, Secção de Entomologia Aplicada, Instituto Agronômico de  
Campinas*

### 1—INTRODUÇÃO

Em exemplos numéricos dados em trabalho anterior (2), foi estudado o crescimento de uma população de "Broca do Café" num ambiente onde as condições mesológicas foram tidas como constantes, variando-se unicamente, a título de ilustração, o índice inicial de infestação.

Os estudos até hoje feitos, sôbre o comportamento dessa praga, em laboratório, não nos permitem ainda a adaptação da curva teórica do crescimento de sua população — em ambiente restrito — a condições variáveis do meio ambiente — como ocorre na natureza — salvo no que se refere à influência da temperatura no desenvolvimento de seu ciclo.

### 2—INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO CICLO BIOLÓGICO DA "BROCA DO CAFÉ"

Bergamin (1) estudou a influência da temperatura no desenvolvimento do inseto, em condições de laboratório. Se bem que os dados não sejam completos para um estudo do tipo do que estamos fazendo (em virtude de as investigações dêste autor terem sido feitas com outra finalidade em mira), é possível sua adaptação às nossas pesquisas, obtendo-se, então, resultados que melhor se aproximam do que ocorre na natureza, que no caso de se admitir constância nos componentes do meio ambiente.

Resumindo os dados apresentados por Bergamin (1), temos o seguinte (quadro) :

---

(1) Trabalho apresentado à Primeira Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas, de 11 a 15 de outubro de 1949.

QUADRO 1.—Influência da temperatura no ciclo biológico da “Broca do Café”, de acôrdo com Bergamin (1)

Períodos	Dias para o desenvolvimento médio de um ciclo, às temperaturas de			
	19,2 °C	22 °C	24,5 °C	27 °C
Incubação .....	13,5	6,0	?	4
Larva .....	29,5	14,0	?	11
Pré-pupa .....	6,0	4,0	?	2
Pupa .....	14,0	8,0	?	4
Total.....	63,0	32,0	27,5	21

Dessa maneira temos em mãos dados que nos apresentam, para três diferentes temperaturas, o número de dias necessários para o desenvolvimento de cada período, e, para o total dos quatro períodos considerados (do ôvo à saída do adulto), dados relativos a quatro diferentes temperaturas. Isso, entretanto, não é suficiente, uma vez que faltam dados a respeito da maturação do adulto (desde sua emergência até a maturidade sexual).

Entretanto, o autor em aprêço se refere ao fato de, a 27 °C, a postura da segunda geração começar 8 dias após o aparecimento do primeiro adulto ; sabendo que, a essa mesma temperatura, é de 2 dias o espaço de tempo necessário para a abertura da galeria inicial, e deposição do primeiro ôvo, temos, por exclusão,  $8-2=6$  dias para a maturação do adulto, à temperatura citada. Admitindo a proporcionalidade inversa dos espaços de tempo, em relação às temperaturas, para o desenvolvimento dos períodos parciais, ou do ciclo total, e sabendo, pelos dados apresentados no quadro 1, que a 27 °C decorrem 21 dias, desde a deposição do ôvo até a emergência do adulto, e que a 19,2 °C decorrem 63 dias para que ciclo idêntico seja completo, podemos determinar, portanto, um fator que, utilizado convenientemente, nos dará o tempo, em dias, necessário à maturação sexual do adulto, a 19,2 °C. E, seguindo idêntico raciocínio para as demais lacunas, podemos determinar os tempos decorridos, às outras temperaturas (22 e 24,5 °C).

Poder-se-á dizer que o método adotado para a determinação dessas constantes biológicas seja um tanto grosseiro, o que também admitimos ; mas, no momento, não dispomos de outros elementos, ou solução, senão os indicados.

Feitas as conversões, pelo caminho indicado, obtemos os dados apresentados a seguir.

QUADRO 2.—Influência da temperatura no ciclo biológico da “Broca do Café”.  
Dados de Bergamin (1) com interpolações do autor

Períodos	Dias para o desenvolvimento médio de um ciclo, às temperaturas médias de			
	19,2 °C	22 °C	24,5 °C	27 °C
Abertura da galeria e deposição do primeiro ovo .....	5,0	3,0	2,5	2,0
Incubação .....	13,5	6,0	?	4,0
Larva .....	29,5	14,0	?	11,0
Pré-pupa .....	6,0	4,0	?	2,0
Pupa .....	14,0	8,0	?	4,0
Maturação do adulto .....	19,0	9,2	7,8	6,0
Total .....	87,0	44,2	37,8	29,0

### 3—EQUAÇÃO TERMOMETABÓLICA DOS INSETOS

Para o cálculo da curva termometabólica da espécie vamos admitir, dentro de regra tida como geral, que uma hipérbole equilátera bem traduz o fenômeno.

Assim, sendo

$T_0$  = temperatura mínima efetiva

$D$  = número de dias que o inseto leva para completar um ciclo, à temperatura efetiva  $T$

$d$  = idem, à temperatura efetiva  $t$

a temperatura mínima efetiva ( $T_0$ ), isto é, a temperatura mínima à qual o metabolismo do inseto se inicia, pode ser obtida admitindo-se que

$$(1) \quad D(T - T_0) = d(t - T_0) = K \text{ (uma constante),}$$

donde

$$(2) \quad T_0 = (dt - DT) / (d - D)$$

Tal equação, no geral, se adapta bem aos dados experimentais, para limites de temperatura contidos em ambos os lados da temperatura ótima, dentro da faixa tida como de temperatura efetiva, desde que outros fatores sejam mantidos constantes, como umidade atmosférica, iluminação, etc.

O valor de “ $K$ ” é conhecido como **constante térmica** da espécie, e é assim dado em graus-hora, ou graus-dia, etc.

De (1) tiramos

$$(3) \quad T_0 = T - K/D = t - K/d$$

donde

$$(4) \quad (dt - DT) / (d - D) = T - K/D$$

ou

$$(5) \quad K = dD(T - t) / d - D.$$

Essa fórmula pode ser aplicada para o cálculo da constante térmica, em função de duas temperaturas quaisquer estudadas, substituindo-se os símbolos pelos seus valores respectivos, e, para uma série "n" de dados experimentais, são obtidos  $C_n^2$  valores de K. O valor médio da constante térmica melhor é dado, então, pela média ponderada, calculada segundo a fórmula

$$(6) \quad K = \frac{\sum dD(T-t)}{\sum (d-D)},$$

onde os valores  $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$  correspondentes às temperaturas  $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$  são substituídos, aos pares, na fórmula, de acordo com  $C_n^2$ .

### 3.1—CÁLCULO DA CONSTANTE TÉRMICA DA "BROCA DO CAFÉ"

Assim, com os dados apresentados no quadro 2, podemos calcular o valor numérico da constante térmica da "Broca do Café", como a seguir :

QUADRO 3.—Tabela para o cálculo da constante térmica da "Broca do Café"

dD	T-t	dD(T-t)	(d-D)
2523,0	7,8	19 679,4	58,0
3288,6	5,3	17 429,6	49,2
3845,4	2,8	10 767,1	42,8
1281,8	5,0	6 409,0	15,2
1670,8	2,5	4 177,0	6,4
1096,2	2,5	2 740,5	8,8
Soma .....		61 202,6	180,4

Logo

$$K = 61\ 202,6 / 180,4 = 339,26$$

### 3.2—CÁLCULO DA TEMPERATURA MÍNIMA EFETIVA DA "BROCA DO CAFÉ"

Sabendo-se que

$$(3) \quad T_0 = T - K/D,$$

tem-se, para o seu valor médio,

$$T_0 = \frac{\sum (TD - K)}{\sum D},$$

e calculando-se, com os dados do quadro 2, tem-se o que é apresentado no quadro 4.

QUADRO 4.—Tabela para o cálculo da temperatura mínima efetiva da “Broca do Café”

TD	TD-K	D
1670,4	1331,1	87,0
972,4	633,1	44,2
926,1	586,8	37,8
783,0	443,7	29,0
Soma . . . . .	2 994,7	198,0

Logo

$$T_0 = 2\ 994,7 / 198,0 = 15,12\ ^\circ\text{C}$$

### 3.3—EQUAÇÃO TERMOMETABÓLICA DA “BROCA DO CAFÉ”

Conhecidas essas constantes, podemos agora formular a equação, tirada de (1)

$$(7) \quad D = K / (T - T_0)$$

donde, para os dados calculados, tem-se a equação representativa do desenvolvimento termometabólico do inseto em estudo.

$$(8) \quad D = 339,3 / (T - 15,12\ ^\circ\text{C})$$

Por esta equação podemos traçar a curva correspondente, que se vê na figura 1, segundo os pontos calculados e apresentados no quadro 5.

QUADRO 5.—Influência da temperatura (T = graus centígrados) no ciclo biológico total (D = dias) da “Broca do Café” (desde a abertura da galeria e deposição do primeiro ovo até a maturação do adulto de primeira geração), segundo a equação termometabólica (8)

T	T-T <sub>0</sub>	D	T	T-T <sub>0</sub>	D	T	T-T <sub>0</sub>	D
17,00	1,88	180,4	20,25	5,13	66,1	24,00	8,88	38,2
17,25	2,13	159,3	20,50	5,38	63,1	24,50	9,38	36,2
17,50	2,38	142,6	20,75	5,63	60,3	25,00	9,88	34,4
17,75	2,63	129,0	21,00	5,88	57,7	25,50	10,38	32,7
18,00	2,88	117,8	21,25	6,13	55,4	26,00	10,88	31,2
18,25	3,13	108,4	21,50	6,38	53,2	26,50	11,38	29,8
18,50	3,38	100,4	21,75	6,63	51,2	27,00	11,88	28,6
18,75	3,63	93,5	22,00	6,88	49,3	27,50	12,38	27,4
19,00	3,88	87,4	22,25	7,13	47,6	28,00	12,88	26,4
18,25	4,13	82,2	22,50	7,38	46,0	28,50	13,38	25,4
19,50	4,38	77,5	22,75	7,63	44,5	29,00	13,88	24,4
19,75	4,63	73,3	23,00	7,88	43,1	29,50	14,38	23,6
20,00	4,88	69,5	23,50	8,38	40,5	30,00	14,88	22,8

A recíproca de uma hipérbole equilátera é uma reta, de modo que, calculados os valores  $1/D$  e entrando com êsses valores nas correspondentes temperaturas, se obtém a reta apresentada na figura 1, chamada linha de **velocidade relativa de desenvolvimento** do inseto. Teòricamente, o ponto de **temperatura mínima efetiva**, que, como já vimos, é  $15,12^{\circ}\text{C}$ , se acha onde essa reta corta o eixo das temperaturas.

#### 4—APLICAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS DA EQUAÇÃO TERMOMETABÓLICA DA “BROCA DO CAFÉ” NO TRAÇADO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DE SUA POPULAÇÃO

Conhecida a curva termometabólica da “Broca do Café”, podemos agora aplicá-la no traçado da curva de crescimento da população do inseto, em função das variações de temperatura do meio ambiente. Em lugar de, no eixo das abscissas, colocarmos os tempos a intervalos regulares, iguais, o que sòmente poderia ser admitido em condições de temperatura uniforme, os intervalos de tempo serão calculados em função da variação da temperatura ambiente.

As normais de temperatura de Campinas (normal calculada para 58 anos, de 1890 a 1947) são dadas no quadro 6.

QUADRO 6.—Quadro normal das temperaturas de Campinas (média de 1890 a 1947)

Mês	Temperatura <i>graus C</i>	Mês	Temperatura <i>graus C</i>	Mês	Temperatura <i>graus C</i>
Janeiro	22,5	Maio	18,0	Setembro	19,2
Fevereiro	22,6	Junho	16,7	Outubro	20,4
Março	22,2	Julho	16,4	Novembro	21,3
Abril	20,4	Agosto	19,7	Dezembro	22,1

Média anual : 20,0

Calculamos, para cada mês, a diferença entre a temperatura “ $T_m$ ” e “ $T_o$ ”. Como a constante térmica (para desenvolvimento completo de uma geração) é conhecida, dividimo-la por 10, para que a construção do gráfico seja mais minuciosa ; o quociente de  $K/10$ , dividido por  $T_m - T_o$ , dará o número de dias necessários para, em dado mês, se desenvolver  $1/10$  de geração. Dessa maneira podemos construir um gráfico onde, no eixo das abscissas, são marcados os pontos correspondentes a “ $t$ ”, de décimo em décimo.

Exemplificando, para a normal de setembro

$$K/10 = 339,3/10 = 33,93$$

$d = 33,93 / (T_m - T_o) = 33,93 / (19,2 - 15,12) = 33,93 / 4,08 = 8,32$  o que significa que, nesse mês, em 8,32 dias, se pode desenvolver 0,1 geração da “Broca do Café”.

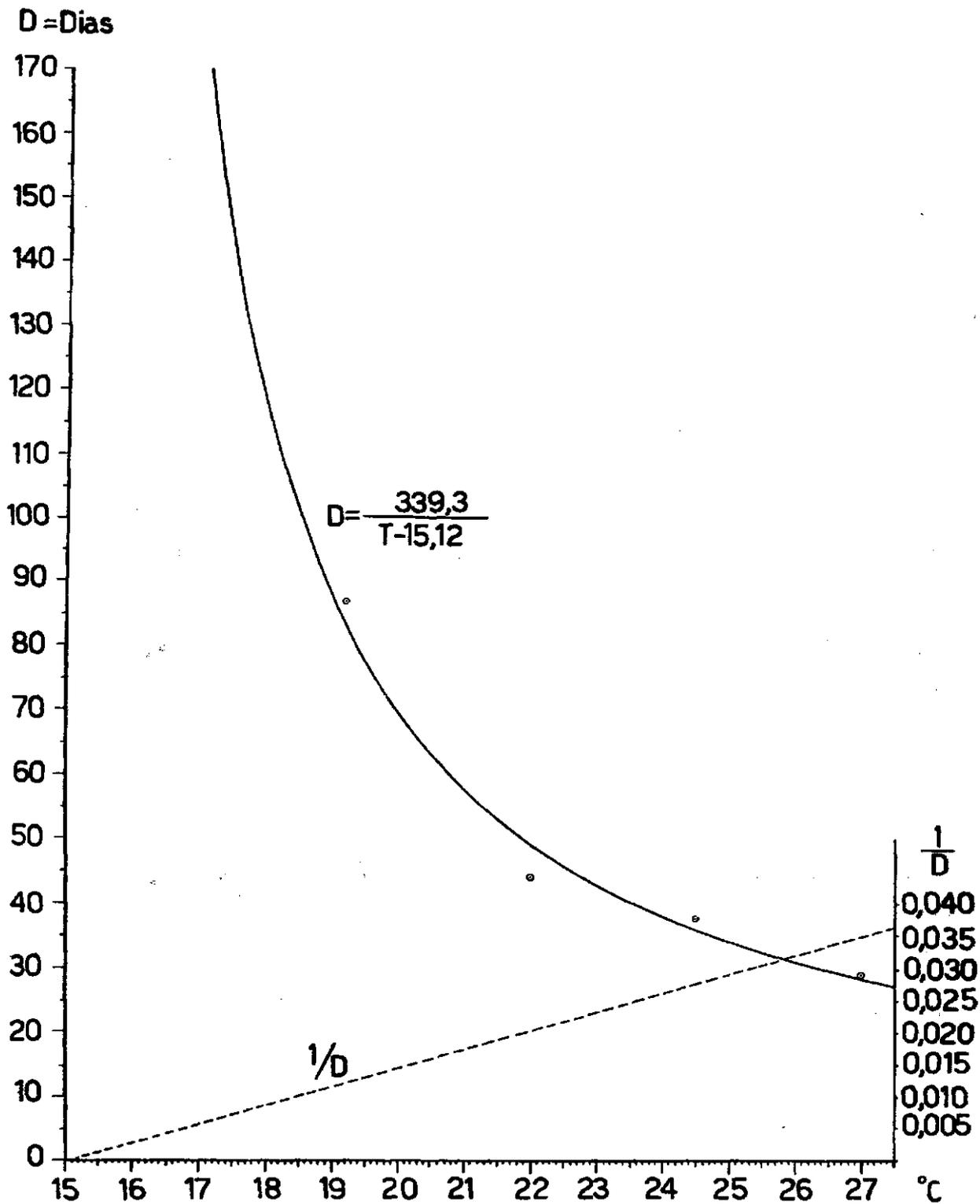


FIGURA 1.—Curvas representativas do desenvolvimento termometabólico da “Broca do Café” — *Hypothenemus hampei* (Ferr.).

Dessa maneira, a partir de 1.º de setembro, determinamos as datas a que correspondem as gerações completas, de décimo em décimo, obtendo os dados apresentados no quadro 7.

QUADRO 7.—Desenvolvimento possível de gerações da “Broca do Café”, em um ano, segundo a equação termometabólica (8), de acôrdo com o quadro de temperaturas normais de Campinas, a partir de t = 0 (1.º de setembro)

t	Data	t	Data	t	Data	t	Data
0,0	1.º Set.	1,3	25,09 Nov.	2,6	26,33 Jan.	3,9	27,85 Mar.
0,1	8,32 „	1,4	0,51 Dez.	2,7	30,93 „	4,0	2,20 Abr.
0,2	16,64 „	1,5	5,37 „	2,8	4,47 Fev.	4,1	8,63 „
0,3	24,96 „	1,6	10,24 „	2,9	9,00 „	4,2	15,05 „
0,4	2,53 Out.	1,7	15,10 „	3,0	13,54 „	4,3	21,48 „
0,5	8,96 „	1,8	19,96 „	3,1	18,07 „	4,4	27,90 „
0,6	15,38 „	1,9	24,82 „	3,2	22,61 „	4,5	7,94 Maio
0,7	21,81 „	2,0	29,68 „	3,3	27,15 „	4,6	19,72 „
0,8	28,24 „	2,1	3,35 Jan.	3,4	3,89 Mar.	4,7	0,91 Jun.
0,9	3,13 Nov.	2,2	7,95 „	3,5	8,68 „	4,8	22,39 „
1,0	8,62 „	2,3	12,54 „	3,6	13,47 „	4,9	17,11 Jul.
1,1	14,11 „	2,4	17,14 „	3,7	18,27 „	5,0	5,81 Ago.
1,2	19,60 „	2,5	21,74 „	3,8	23,06 „	5,1	18,01 „
						5,2	30,22 „

#### 4.1—CÁLCULO DO NÚMERO ANUAL DE GERAÇÕES

Os dados apresentados no quadro 7 mostram que, de acôrdo com nossos cálculos, e para as condições de temperatura normal de Campinas, é possível o desenvolvimento completo de pouco mais de cinco gerações da “Broca do Café” em um ano. Aliás, sendo a temperatura normal anual de Campinas 20,0 °C, resultado semelhante é obtido com a aplicação da fórmula

$$(8) \quad D = 331,3 / (20,0 - 15,12) = 69,53$$

$$365 / 69,53 = 5,24 \text{ gerações.}$$

Este resultado, aparentemente, está em contradição com o que foi observado por Bergamin que, em 1941, obteve sete gerações completas em um ano de trabalho; mas é preciso notar que, para as sucessivas gerações, as médias de temperatura, em que esse autor trabalhou, foram, respectivamente, de 23,5 — 20,0 — 21,7 — 24,1 — 25,3 e 25,1 °C, sendo ainda de se observar que as culturas não foram feitas a temperaturas constantes. Tal ressalva é feita porquanto é sabido que oscilações de temperatura aceleram o metabolismo dos insetos.

#### 4.2—TRAÇADO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DE POPULAÇÕES, SEGUNDO EXEMPLOS NUMÉRICOS HIPOTÉTICOS

No quadro 8 apresentamos os valores calculados de "P %", entre  $t = 0$  e  $t = 4$ , em intervalos de  $0,1 t$ , correspondentes aos três exemplos numéricos estudados em nosso trabalho anterior (2).

QUADRO 8.—Desenvolvimento percentual de três populações de frutos atacados pela "Broca do Café", segundo as equações (9), (10) e (11), para valores de  $t$  até o limite de 4

t	P <sub>1</sub> %	P <sub>2</sub> %	P <sub>3</sub> %	t	P <sub>1</sub> %	P <sub>2</sub> %	P <sub>3</sub> %
0,0	0,015	0,0015	0,0006	2,1	7,571	0,806	0,325
0,1	0,020	0,0020	.....	2,2	9,970	1,08	0,437
0,2	0,027	0,0027	.....	2,3	13,01	1,46	0,588
0,3	0,037	0,0037	.....	2,4	16,79	1,96	0,792
0,4	0,050	0,0050	.....	2,5	21,41	2,62	1,066
0,5	0,067	0,0067	.....	2,6	26,89	3,51	1,433
0,6	0,091	0,0091	.....	2,7	33,18	4,68	1,924
0,7	0,122	0,0122	.....	2,8	40,13	6,21	2,579
0,8	0,165	0,0165	.....	2,9	47,51	8,20	3,449
0,9	0,223	0,0223	.....	3,0	54,85	10,77	4,600
1,0	0,300	0,0300	0,012	3,1	62,15	14,00	6,109
1,1	0,405	0,0405	0,016	3,2	68,92	18,01	8,071
1,2	0,546	0,0547	0,022	3,3	74,96	22,87	10,59
1,3	0,735	0,0738	0,030	3,4	80,13	28,58	13,78
1,4	0,990	0,0996	0,040	3,5	84,45	35,07	17,75
1,5	1,332	0,134	0,054	3,6	88,03	42,16	22,55
1,6	1,790	0,181	0,073	3,7	90,82	49,58	28,22
1,7	2,401	0,244	0,098	3,8	93,02	57,04	34,65
1,8	3,213	0,330	0,132	3,9	94,78	64,18	41,72
1,9	4,290	0,444	0,178	4,0	96,10	70,72	49,14
2,0	5,730	0,598	0,240	.....	.....	.....	.....

Os resultados apresentados no quadro 8 foram obtidos das equações

$$(9) P_1\% = \frac{100}{1 + 6\,672 e^{-3,0003 t}}$$

$$(10) P_2\% = \frac{100}{1 + 66\,732 e^{-2,99776 t}}$$

$$(11) P_3\% = \frac{100}{1 + 166\,682 e^{-2,99726 t}}$$

calculadas, respectivamente, para os exemplos 3.1, 3.2 e 3.3 do trabalho já citado, onde a infestação inicial era correspondentemente de 0,003 — 0,0003 e 0,00012.

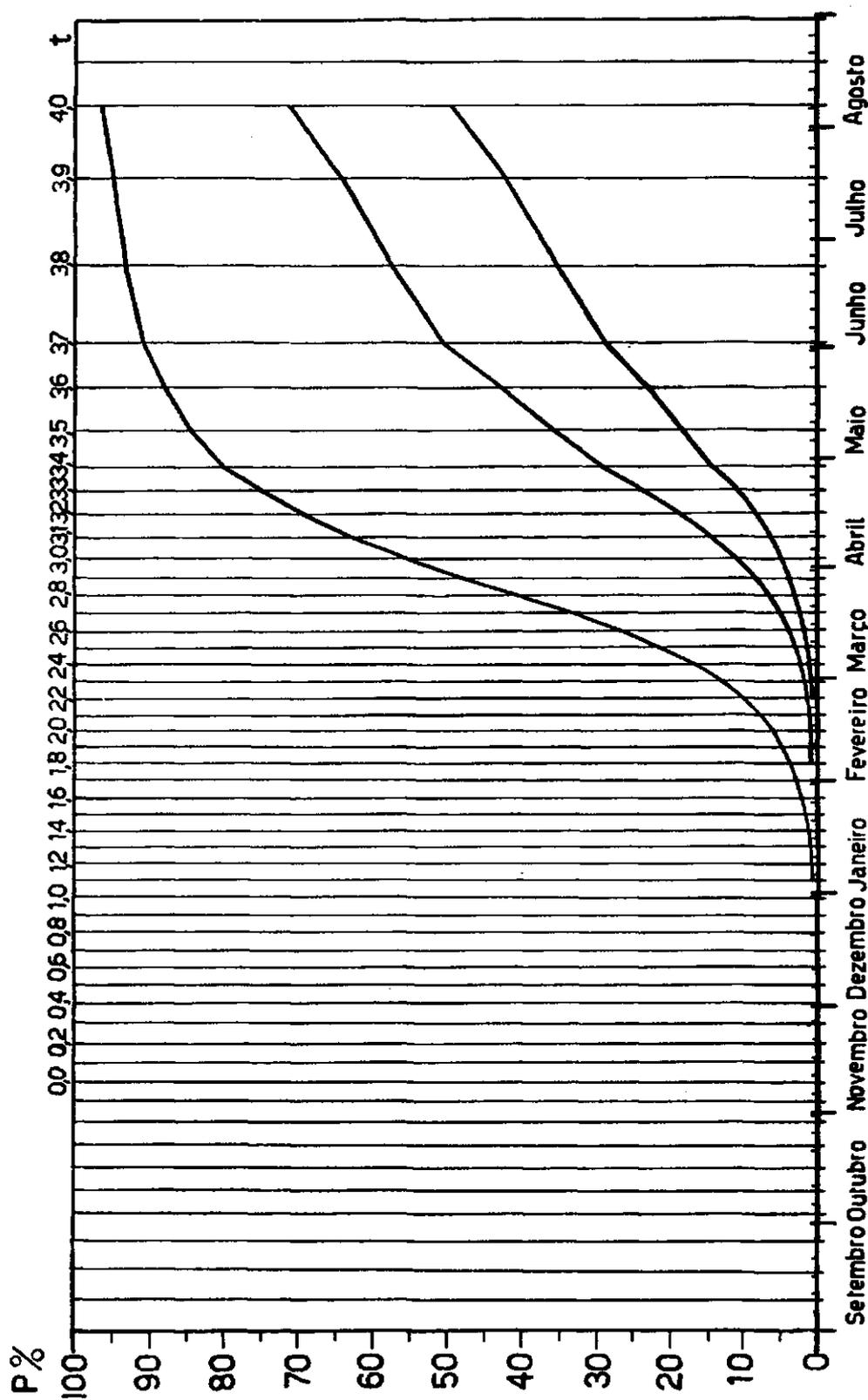


FIGURA 2.—Curvas representativas do crescimento das populações de frutos atacados pela "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.). — estudadas nos exemplos 3.1, 3.2 e 3.3 (2) Nas abscissas, os espaços de tempo foram calculados em função da temperatura normal de Campinas (média de 1890 a 1947), segundo a equação termo-metabólica dessa espécie (8), admitindo-se fôsse  $P_0$  no dia 8,62 de novembro do ano normal.

Levando agora os dados do quadro 8 para um gráfico (onde, nas abscissas, se acham os espaços de tempo em função da temperatura média de Campinas), e supondo que P. foi determinado no dia 8,62 de novembro, temos as curvas apresentadas na figura 2.

O estudo dêsse gráfico mostra até que ponto pode a temperatura influir no desenvolvimento de uma população de "Broca do Café".

### RESUMO

Lançando mão de dados publicados por outro autor, (1) sôbre o comportamento da "Broca do Café", quando criada a várias temperaturas, em laboratório, o autor, aceitando em princípio que uma hipérbole equilátera traduz o termometabolismo da espécie, calcula a **constante térmica** da espécie ( $K = 339,26$ ) e determina a sua **temperatura mínima efetiva** ( $T_0 = 15,12$  °C).

É deduzida a equação termometabólica para êsse inseto, dada por

$$D = 339,26 / (T - 15,12).$$

Considerando que, num cafèzal, a temperatura do ar não é constante, variando de acôrdo com a estação do ano, o autor pondera que a curva de crescimento de uma população de "Broca do Café" será melhor representada em gráfico onde seja levada em conta a influência da temperatura no desenvolvimento do ciclo biológico do inseto.

Dessa maneira, apreciando exemplos numéricos apresentados em trabalho anterior, e construindo novo gráfico, em vez de colocar os valores de "t" no eixo das abscissas, a intervalos regulares, coloca-os a intervalos prèviamente calculados pela aplicação da equação termometabólica do inseto, de acôrdo com a temperatura média do mês. Os exemplos são analisados em função das temperaturas normais de Campinas para um período de 58 anos (1890-1947).

A análise dos gráficos apresentados mostra até onde a temperatura do ambiente pode influir no desenvolvimento de uma população de "Broca do Café", em condições de campo.

### SUMMARY

Based on published data (1) concerning the effect of temperature on the life-cycle of the coffee berry borer, and on the assumption that an equilateral hyperbole expresses the lengths of an insect life-cycle stage at various constant temperatures, the author has calculated the representative thermometabolic equation for the insect to be:

$$D = 339.3 / (T - 15.12)$$

In the equation, "D" represents the lengths (in days) of the insect life-cycle stage, "T" the temperature in degrees centigrade, and the value 15.12 °C is the calculated **minimum effective temperature**, or the **threshold of development** for the insect.

The thermometabolic curve and its reciprocal (**velocity curve**) are presented graphically in figure 1.

In a previous paper the author presented three curves representing the growth of the population of infested coffee fruits, under constant temperature conditions, and where the time "t" was plotted at regular intervals. Considering, however, that the development of the insect life-cycle stage is a function of temperature and by consequence that the time "t" can be calculated from the thermometabolic equation for the insect, and knowing the normal monthly temperature of Campinas (calculated mean for 58 years — from 1890 to 1947), it is now possible to present a graph (see figure 2) where the calculated time "t" is plotted according to the mean temperature of the month. The curves in the graph indicate the importance of the influence of temperature on the growth of the population of infested coffee fruits, under field conditions.

#### LITERATURA CITADA

1. **Bergamin, J.** Contribuição para o conhecimento da biologia da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867) (Col. Ipidæ) — Arq. Inst. Biol. S. Paulo 14: 31-72, tab. 1-16. 1943.
2. **Mendes, Luiz O. T.** Determinação do potencial biótico da "Broca do Café" *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — e considerações sobre o crescimento de sua população. II — A importância da diminuição do índice inicial de infestação no grau final de frutos de café atacados pela praga. *Bragantia* 9: 203-214, fig. 1 1949.