

UM MODELO DE AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp*), EM TERMOS DA AÇÃO COMBINADA DO FOTOPERÍODO E DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR

NILSON AUGUSTO VILLA NOVA¹, MIGUEL VISCAINO CARRETERO² e RUBENS SCARDUA³.

RESUMO - No presente trabalho propõe-se e testa-se um modelo climático de crescimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), representado pela função:

$$F = \frac{|GD - C|}{n_f/n_i + 1}^{n_f/n_i + 1}$$

onde:

- F = função que estima o crescimento em dado período (mínimo de 30 dias).
- GD = soma dos graus-dia do período, considerando - se temperatura base inferior $t_b = 18^{\circ}\text{C}$, e temperatura base superior $t_b = 28^{\circ}\text{C}$ (temperaturas do ar a sombra).
- n_f e n_i = valores (horas) do fotoperíodo, no fim e no início do período.
- C = correção de temperatura base superior.

O modelo é testado contra o crescimento representado pela variação de altura da cana-de-açúcar no período, em três tratamentos com níveis de irrigação diferenciados e um sem irrigação.

-
1. Eng^o Agr^o, LD, Professor Adjunto da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Caixa Postal 9, 13-400 - Piracicaba - SP
 2. Eng^o Agr^o, M.Sc., Seção de Plantas Tropicais - IAC, Caixa Postal 28, 13100 - Campinas - SP
 3. Eng^o Agr^o, Dr., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Caixa Postal 9, 13400 - Piracicaba - SP

MODEL OF EVALUATION OF SUGARCANE (*Saccharum* spp) GROWTH AS A
FUNCTION OF THE COMBINED ACTION OF PHOTOPERIOD AND MEAN AIR
TEMPERATURE

ABSTRACT - The present paper deals with the proposition and evaluation of a vegetative growth of sugarcane (*Saccharum* spp), represented by the function:

$$F = \frac{GD - C}{n_f/n_i + 1}$$

where:

- F = function that estimates growth in a given period (minimum of 30 days).
- GD = total of degree-days of the period, considering the lower base temperature $t_b = 18^{\circ}\text{C}$, and the upper base temperature $t_b = 28^{\circ}\text{C}$ (air temperature in the shade).
- n_f and n_i = values (hours) of photoperiod, at the end and at the beginning of the period.
- C = correction of upper base temperature.

The model is tested against the growth represented by the variation in height of sugarcane plants in the period, for three treatments with different levels of irrigation and one treatment with no irrigation.

INTRODUÇÃO

O conceito mais ou menos equivalente de somas térmicas, unidades de calor, graus-dia, etc., são frequentemente utilizados na prática na tentativa de definir relações de dependência entre temperatura do ar e variação de tempo de ciclo (tempo de duração do período emergência-floração, floração-frutificação, frutificação-maturação), com as finalidades seja de obter colheitas sequentes, indispensáveis em produtos agrícolas industrializados (ervilha, milho, aspargo, etc.), ou também para definir critérios de precocidade, ou ainda caracterizar aptidão climática de regiões para diferentes cultivos (zoneamento). Estas somas

térmicas se referem quase sempre às diferenças entre temperatura média diária e uma temperatura limite inferior para crescimento vegetativo significativo denominada de "temperatura base" t_b , VILLA NOVA *et al* (1972).

Com o advento da expansão da indústria alcooleira em face a crise do petróleo, a cultura da cana-de-açúcar tem se expandido para novas regiões de condições climáticas diversas, às vezes com risco de insucesso econômico pela falta de um conhecimento mais detalhado a respeito das necessidades climáticas mínimas para seu bom desenvolvimento.

Segundo BARBIERI *et al* (1979), muitos autores tem observado que, para o caso da cana-de-açúcar, o crescimento está intimamente ligado à temperatura ambiente, existindo uma faixa ótima de desenvolvimento. FAUCONIER & BASSEREAU (1975), segundo o mesmo autor cita que à temperatura abaixo de 25°C , o crescimento da cana-de-açúcar é muito lento e entre 30° e 34°C o crescimento é máximo, sendo que acima de 35°C o crescimento também é lento. ALVAREZ (1975) considera que o crescimento se estaciona a temperaturas inferiores a 21°C , enquanto que BACCHI & SOUZA (1977) determinaram que o crescimento torna-se praticamente nulo para temperaturas inferiores a 19°C , e a partir deste valor determinaram algumas relações lineares entre acréscimo em altura e soma térmica de períodos, determinada pelo método citado por VILLA NOVA *et al* (1972). Procedendo da mesma maneira, BARBIERI *et al* (1979) encontrou boas correlações entre estes mesmos parâmetros, todavia corrigindo os valores de graus-dia com dois fatores de correção, sendo um subtrativo para temperaturas superiores a 25°C e outro multiplicativo, função do valor médio do comprimento do dia do período (fotoperíodo médio). Estudando o desenvolvimento estacional (produção de matéria seca/ha) de cinco variedades de capim forrageiro, SOTO (1981) encontrou também altos índices de correlação da produção estacional com a soma térmica corrigida por fatores, um função do fotoperíodo, e outro da umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP) ($22^{\circ}43'S$, $47^{\circ}40'W$, 576 m).

O clima da região, segundo o sistema de K ppen,   do tipo Cwa: mesotérmico, de inverno seco com temperatura média do mês mais frio inferior a $18^{\circ}C$ e a média do mês mais quente entre 22 e $24^{\circ}C$. O total de chuvas do mês mais seco não ultrapassa em média 30 mm, com um total anual oscilando entre 1200 e 1300mm.

O solo da área experimental foi classificado como pertencente   série Luiz de Queiroz, possuindo horizonte B textural.

No experimento utilizou-se a variedade NA 56-79, que se caracteriza por ser medianamente exigente em água e fertilidade, de produtividade agrícola razoável e rápido desenvolvimento (alta precocidade), representando boa porcentagem dos canaviais da região sul.

Equipamentos

Pluviômetro, term metros de máxima e mínima, psicrômetro, anem metros e tanque de evapora o classe A instalados no Posto Meteorológico do Departamento de Engenharia Rural foram utilizados para descri o climática da época do experimento.

Utilizou-se para condicionar diferentes níveis de tratamento de umidade das parcelas, um sistema convencional de irriga o por gotejo.

Delineamento Experimental

O experimento foi delineado em blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repeti es.

Os tratamentos foram definidos por regimes de água do solo proporcionados   cultura através da irriga o por gotejo, assim caracterizados:

Tratamento A - Refere-se às parcelas que receberam irriga o correspondente a 100% da evapora o do Tanque Classe A no período.

Tratamento B - Idem, com 80% da evaporação do Tanque Classe A.

Tratamento C - Idem, com 60% da evaporação do Tanque Classe A.

Tratamento D - Parcelas não irrigadas.

Plantio e Amostragens

O plantio foi realizado em 14/04/1976, cada parcela sendo constituída de 3 linhas duplas de 20,0 m x 8,1 m, espaçadas de 1,80 m, as amostragens sendo tomadas na linha dupla central. O crescimento em altura (ΔH) foi caracterizado pela distância do solo até a altura de inserção da primeira folha, valor médio da medida em 3 canas de cada tratamento, previamente escolhidas ao acaso, sendo que ao lado de cada cana um piquete numerado serviu de referencial de medição. As medições foram realizadas no ciclo da cana de soca e ressoca nos períodos:

Cana soca - de 01/10/77 a 28/06/78

Cana ressoca - de 04/09/78 a 05/06/79

Hipóteses sobre as relações entre energia fixada em um certo período por fotossíntese (F) e os fatores temperatura média do ar (t_a) e fotoperíodo (N)

Para modelar a interação entre a energia fixada em um dado período (F), e os fatores temperatura do ar (t_a) e fotoperíodo (N), assumiram as seguintes hipóteses de trabalho:

a) A fixação média por graus-dia, $\bar{F} = \frac{F}{GD}$, em um certo período é uma função exponencial dos graus-dia, ou seja,

$$\bar{F} = \frac{F}{GD} = (GD)^K \dots \dots \dots (1)$$

b) O expoente da função exponencial é dependente do fotoperíodo na forma da expressão:

$$K = \frac{n_f}{n_i} \dots \dots \dots (2)$$

onde,

n_f = valor do fotoperíodo no fim do período considerado.

n_i = valor do fotoperíodo no início do período considerado.

c) A fixação total de energia (F) em um certo período será igual a integral da função \bar{F} no período, como se segue:

Supondo-se a função, $\bar{F} = (GD)^k$, conforme Figura 1.

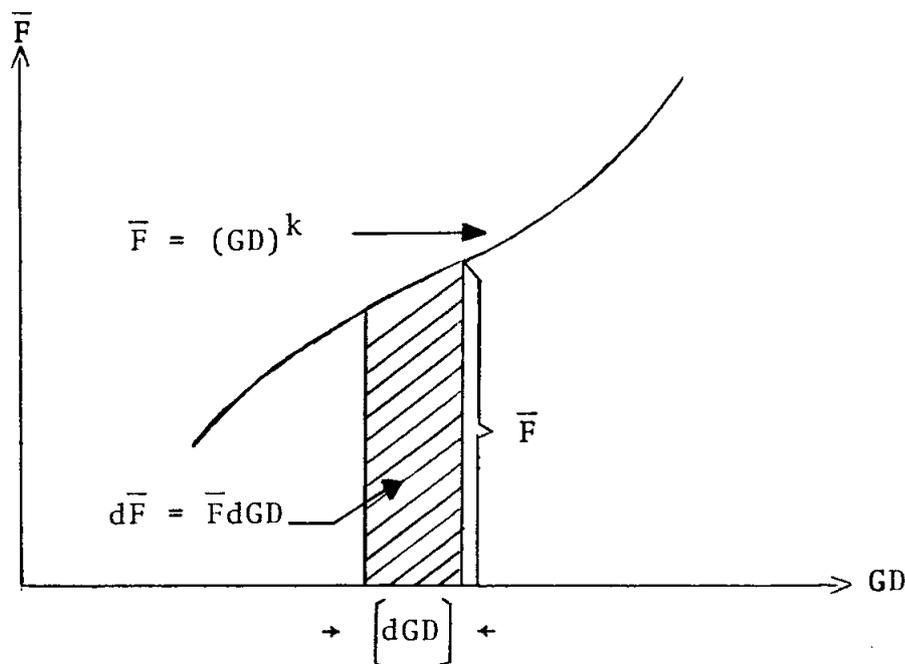


FIGURA 1. Hipótese sobre a função $\bar{F} = f(GD)$

a área elementar $\bar{F} dGD$ integrada entre GD_1 e GD_2 nos dará:

$$F = \int_{GD_1}^{GD_2} \bar{F} dGD = \int_{GD_2}^{GD_1} (GD)^k dGD \dots \dots \dots (3)$$

Integrando-se a função acima, teremos, supondo-se k constante no intervalo,

$$F = \frac{(GD)^{k+1}}{k+1} \dots \dots \dots (4)$$

onde GD refere-se ao total de graus-dia do período considerado, n_i e n_f , respectivamente o valor do fotoperíodo no início e no fim do período, e F a energia fixada no mesmo intervalo.

Note-se que o produto Fdg tem dimensão de energia.

d) Os graus-dia de um período (GD) serão determinados pelas expressões citadas por VILLA NOVA *et al* (1972),

$$GD = \Sigma \left[\frac{(T - t)}{2} \right] + (t - t_b), \text{ para } t_b < t \dots\dots\dots(5)$$

$$GD = \Sigma \frac{(T - t_b)^2}{2(T - t)}, \text{ para } t_b > t \dots\dots\dots(6)$$

onde

T = temperatura máxima do dia

t = temperatura mínima do dia

t_b = temperatura base inferior (temperatura abaixo da qual não há crescimento significativo).

GD = somatória dos graus-dia do período

e) Todas as vezes que, durante o dia a temperatura máxima T ultrapassar a "temperatura base superior (T_b), ou seja, a temperatura acima da qual o crescimento pode ser considerado pouco expressivo, os graus-dia determinados pelas fórmulas (5) e (6) serão afetados por um fator de correção (C), expresso por:

$$C = \frac{(T - T_b)^2}{2(T - t)} \dots\dots\dots(7)$$

Combinando-se as equações de (1) a (7) obteremos para valor final de F ,

$$F = \frac{(GD - C)^{n_f/n_i + 1}}{n_f/n_i + 1} \dots\dots\dots(8)$$

A equação (8), quando aplicada às condições de latitude nas quais existe ao longo do ano uma diferenciação mais ou menos marcada de fotoperíodo, tal como a de Piracicaba (SP) (lat. $22^{\circ}43'S$), apresentará uma distribuição de valores mensais de F de acordo com a forma da Figura 2.

Pela Figura 2 observa-se que quando $n_f/n_i < 1$ (n_i e n_f), sendo os fotoperíodos de início e de fim de mês, a curva é de-

crescente, indicando segundo as hipóteses um desaceleramento paulatino do processo de fixação de energia (de janeiro a março). Quando $n_f \approx n_i$ (de maio a julho), a fixação de energia por grau-dia estaciona, e só volta a subir de julho a dezembro, quando $n_f/n_i > 1$, indicando o desenvolvimento de uma estação de crescimento que se acelera, atingindo o climax em dezembro, para após, novamente decrescer.

Quando se plotam os valores acumulados da função de fixação de energia F (ou crescimento vegetativo), observa-se a forma demonstrada na Figura 3, que se identifica bastante com o crescimento vegetativo estacional da região, conforme citam BARBIERI *et al* (1979), no caso da cana-de-açúcar e SOTO (1981) e PEDREIRA (1972) no caso de forrageiras.

Comparação entre o modelo de desenvolvimento vegetativo proposto (F) e o desenvolvimento vegetativo real estimado pela variação de altura das plantas (ΔH).

Para testar a viabilidade do modelo de desenvolvimento proposto, procedeu-se a um estudo de regressão linear entre a variação de altura das plantas do mesmo período, com o objetivo de definir uma relação de dependência entre ΔH e F, para cana soca e ressoça.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 são demonstrados, para os diferentes tratamentos A, B, C e D (níveis de irrigação), os valores do crescimento $\bar{\Delta H}$ (valor médio de três medidas por tratamento), das temperaturas máximas (\bar{T}) e mínimas (\bar{t}) do período, os graus-dia (GD) calculados (para temperatura base inferior, $t_b = 18^\circ\text{C}$ e superior ($T_b = 28^\circ\text{C}$) com a devida correção C e ajuste de fotoperíodo n_f/n_i , assim como F e seu valor acumulado ΣF . Note-se que para maior praticidade os valores de GD totais do período foram calculados pelo produto do número de dias n, vezes o valor médio corrigido, $(\bar{GD} - \bar{C})$. De acordo com os dados das Tabelas 1 e 2 determinaram-se as equações de regressão entre H e F, para oito períodos a partir de 01/10/77 para cana soca e a

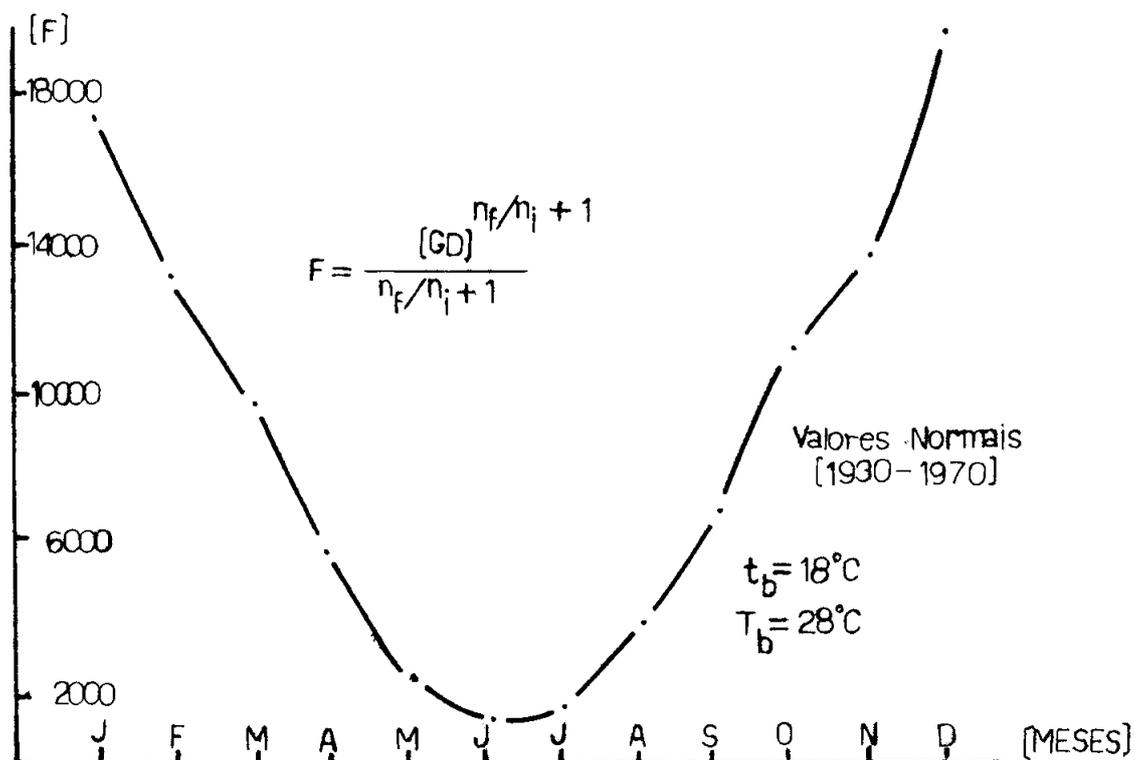


FIGURA 2. Curva de variação F (fixação mensal de energia, segundo o modelo) ao longo do ano. Piracicaba, SP ($22^\circ 43'S$).

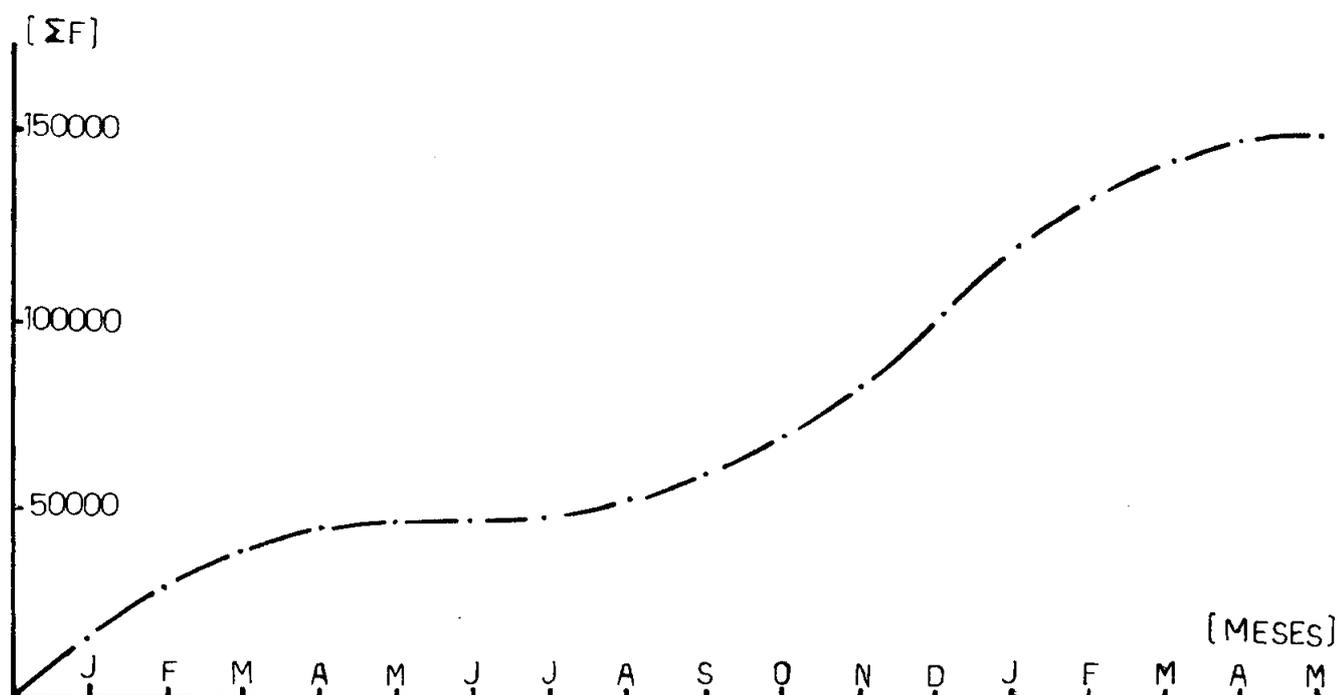


FIGURA 3. Curva dos valores acumulados de F ao longo do ano. Piracicaba, SP.

TABELA 1. Desenvolvimento vegetativo da cana soca e graus-dia.

Período	1977/1978																		
	R (dias)	Trat. A		Trat. B		Trat. C		Trat. D		*C	$\overline{GD-C}$	n. ($\overline{GD-C}$)	nf	ni	nf/ni	F	$\frac{[n(\overline{GD-C})]}{nf/ni+1}$	$\frac{nf/ni+1}{\Sigma F}$	
		H	ΔH	(°C)	$\overline{GD-C}$	n. ($\overline{GD-C}$)	nf	ni	nf/ni	F	$\frac{[n(\overline{GD-C})]}{nf/ni+1}$	$\frac{nf/ni+1}{\Sigma F}$							
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	\bar{T}									
15/08/77-30/09/77	47	13,5	-	16,5	-	14,5	-	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01/10 - 27/10	27	44,3	30,8	47,3	30,8	47,3	32,8	34,8	23,3	30,5	15,8	0,21	5,10	137,7	12,735	12,178	1,05	11,832	11,832
28/10 - 26/11	30	101,0	56,7	106,8	59,5	108,8	61,5	75,3	40,5	29,9	17,1	0,14	5,39	161,7	13,245	12,755	1,04	15,708	27,540
27/11 - 04/01/78	39	160,8	59,8	165,3	58,5	174,0	65,2	147,8	72,5	28,0	16,4	-	4,31	168,1	13,372	13,258	1,01	14,797	42,337
05/01 - 02/02	29	216,8	56,0	215,0	49,7	214,3	40,3	192,0	44,2	32,0	18,6	0,60	6,70	194,3	13,002	13,366	0,97	16,362	58,699
03/02 - 13/03	39	273,5	56,7	276,5	61,5	273,5	59,2	243,8	51,8	30,8	17,5	0,29	5,87	228,9	12,168	12,984	0,94	19,494	78,193
14/03 - 14/04	32	310,5	37,0	307,8	31,3	307,3	33,8	273,8	29,5	30,8	15,0	0,25	4,93	157,8	11,464	12,145	0,94	9,474	87,667
15/04 - 22/05	38	326,5	16,0	329,3	21,5	324,0	16,7	280,8	7,45	28,0	11,6	-	3,05	115,9	10,791	11,443	0,94	5,206	92,873
23/05 - 28/06	37	347,5	21,0	347,0	17,7	343,3	19,3	310,0	29,2	24,3	7,7	-	1,20	44,4	10,597	10,778	0,98	923	93,796
TOTAL		318																	

$$* C = \frac{(T - 28)^2}{2(T - t)}$$

TABELA 2. Desenvolvimento vegetativo da cana ressoca e graus-dia.

Período	1978/1979																		
	R (dias)	Trat. A		Trat. B		Trat. C		Trat. D		*C	$\overline{GD-C}$	n. ($\overline{GD-C}$)	nf	ni	nf/ni	F	$\frac{[n(\overline{GD-C})]}{nf/ni+1}$	$\frac{nf/ni+1}{\Sigma F}$	
		H	ΔH	(°C)	$\overline{GD-C}$	n. ($\overline{GD-C}$)	nf	ni	nf/ni	F	$\frac{[n(\overline{GD-C})]}{nf/ni+1}$	$\frac{nf/ni+1}{\Sigma F}$							
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	\bar{T}									
05/07/78-03/09/78	61	13,5	-	12,3	-	14,9	-	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/09 - 06/10	33	26,4	12,9	27,1	14,8	29,0	14,1	27,1	13,1	28,4	12,1	-	3,32	109,6	12,288	11,589	1,06	7,729	7,729
07/10 - 06/11	31	50,6	24,2	62,0	34,9	55,1	26,1	51,9	24,8	30,6	15,0	0,22	4,87	151,0	12,929	12,310	1,05	14,294	22,023
07/11 - 05/12	29	100,8	50,2	116,3	54,3	107,8	52,7	97,9	46,0	29,5	16,8	0,09	5,12	148,5	13,341	12,948	1,03	12,621	34,644
06/12 - 18/01/79	44	178,2	77,4	184,8	68,5	174,3	66,5	178,0	80,1	29,0	16,2	0,04	4,69	206,4	13,234	13,349	0,99	20,296	54,940
19/01 - 02/03	43	232,5	54,3	239,0	54,2	233,8	59,5	236,8	58,8	29,9	16,5	0,13	5,15	221,5	12,412	13,221	0,94	18,290	73,230
03/03 - 30/03	28	261,8	29,3	269,2	30,2	264,1	30,3	265,1	28,3	29,6	15,1	0,09	4,55	127,4	11,788	12,390	0,95	6,532	79,762
31/03 - 16/05	47	298,5	36,7	306,3	37,1	302,9	38,8	305,3	40,2	27,6	12,9	-	3,13	147,1	10,874	11,766	0,92	7,560	87,322
17/05 - 05/06	20	307,9	9,4	314,5	8,2	304,4	1,5	310,0	4,65	24,4	7,0	-	1,18	23,6	10,647	10,860	0,98	264	87,586
TOTAL		336																	

$$* C = \frac{(T - 28)^2}{2(T - t)}$$

partir de 04/09/78 para cana rессoca, obtendo-se os resultados da Tabela 3.

De um modo geral pode-se observar uma razoável significância entre as interações AH x ΣF (significativas ao nível de 1%), com exceção do Tratamento D, cana soca. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de falta d'água no período vegetativo. Sendo os tratamentos A, B, C, tanto na soca como na rессoca, irrigados, pode-se considerar excluída a influência da falta de chuvas no período. Pode-se observar também que as correlações de um modo geral são ligeiramente melhores para a cana soca, indicando talvez melhor resposta ao clima nas condições de 2º corte do que no 3º corte.

Convém observar que correlações para períodos de tempo menores (cerca de 15 dias) foram tentadas, não se obtendo resultados satisfatórios. Acredita-se que para períodos de tempo relativamente pequenos os erros de medição são percentualmente maiores, prejudicando as correlações, e que a partir de 30 dias tais erros são minimizados.

Nas Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 são representadas as curvas de crescimento e de graus-dia corrigidos acumulados, revelando uma aderência razoável das curvas.

Na cana rессoca nota-se um cruzamento inicial das curvas (ã curva de graus-dia corrigidos, superpõe-se a de crescimento), tal situação a nosso ver pode ser explicada pela época de corte mais prematuro da cana soca (05/07/78). início de julho. Em fins de agosto o desenvolvimento vegetativo é mais rápido, condicionando um maior incremento da área foliar por intervalo de crescimento, determinando um melhor aproveitamento da energia disponível, expressa pelos graus-dia do período.

Convém observar que repetições deste experimento deverão ser feitas para que se possa consolidar tais resultados. Pretende-se com isto que, uma vez determinadas, tais relações básicas de dependência clima x crescimento possam ser utilizadas para definir condições de crescimento em situações climáticas diversas, constituindo-se um dos elementos básicos para o zoneamento da cultura.

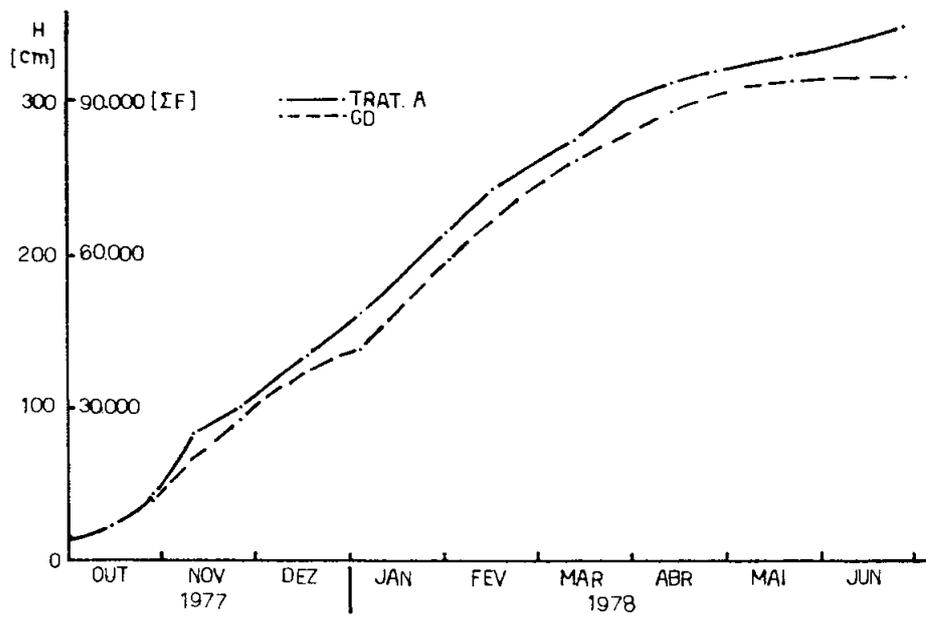


FIGURA 4. Curva de graus-dia \times crescimento. Cana soca.

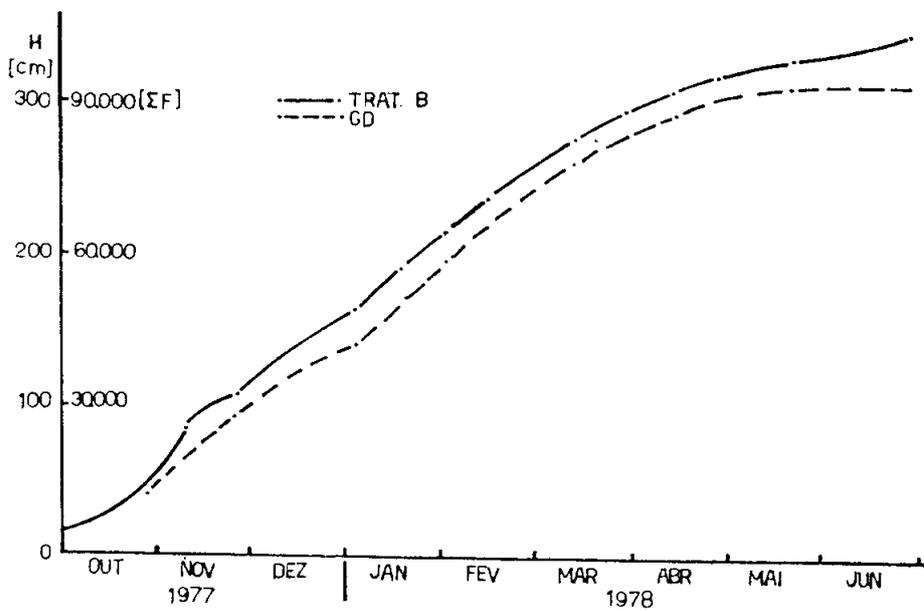


FIGURA 5. Curva de graus-dia \times crescimento. Cana Soca

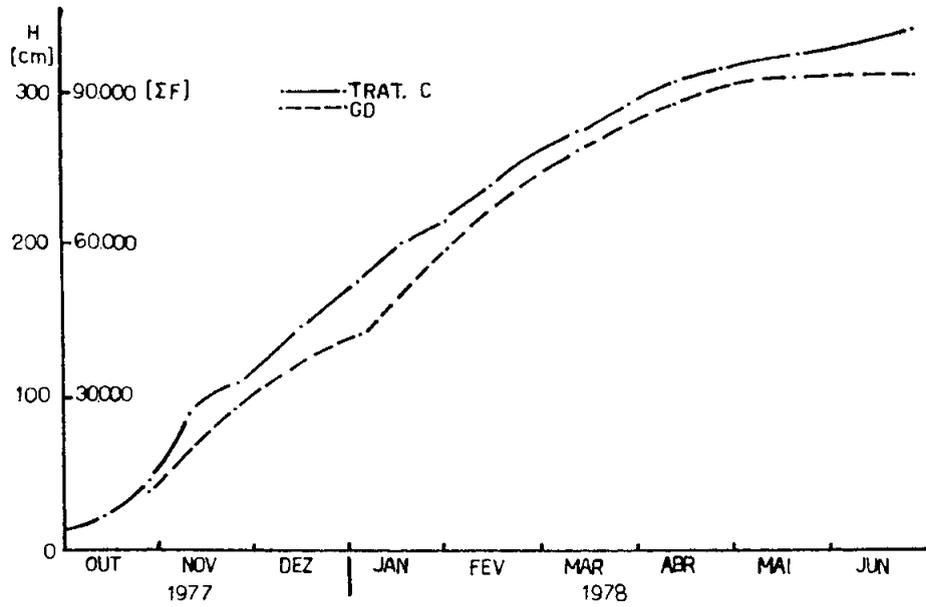


FIGURA 6. Curva de graus-dia x crescimento. Cana soca.

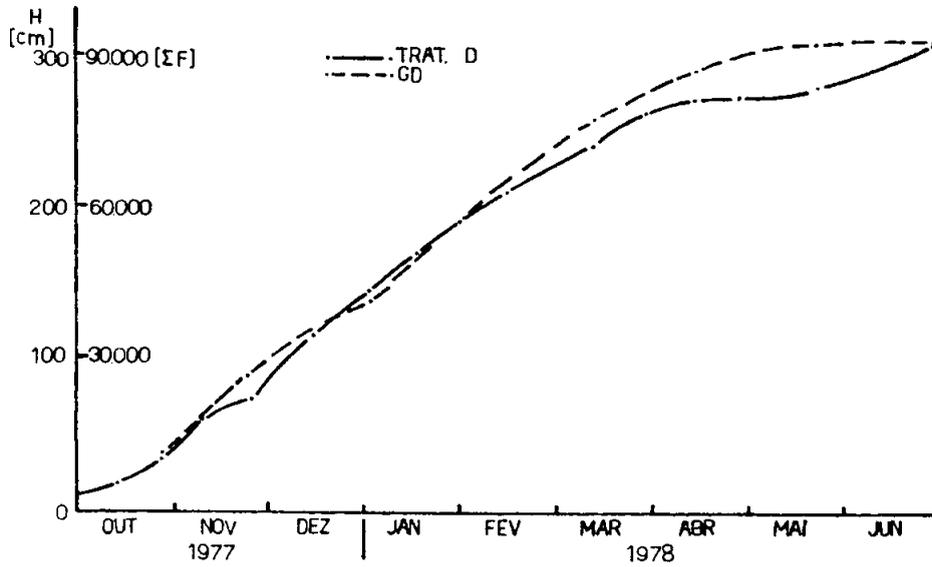


FIGURA 7. Curva de graus-dia x crescimento. Cana soca.

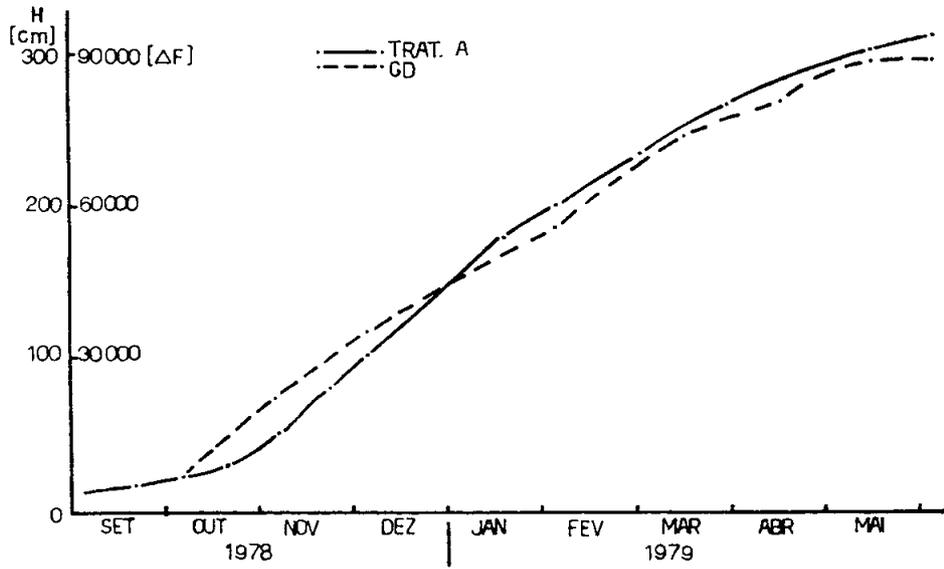


FIGURA 8. Curva de graus-dia \times crescimento. Cana ressoca

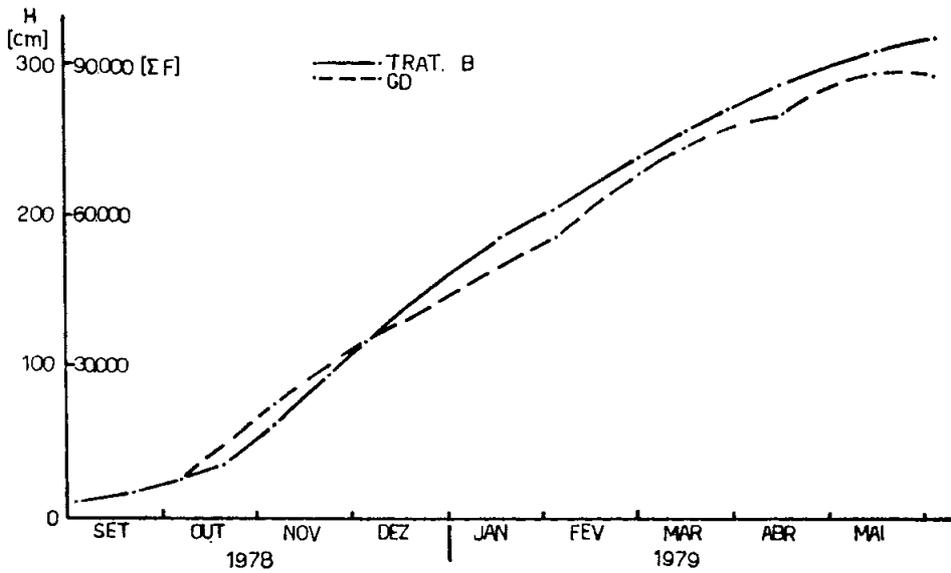


FIGURA 9. Curva de graus-dia \times crescimento. Cana ressoca.

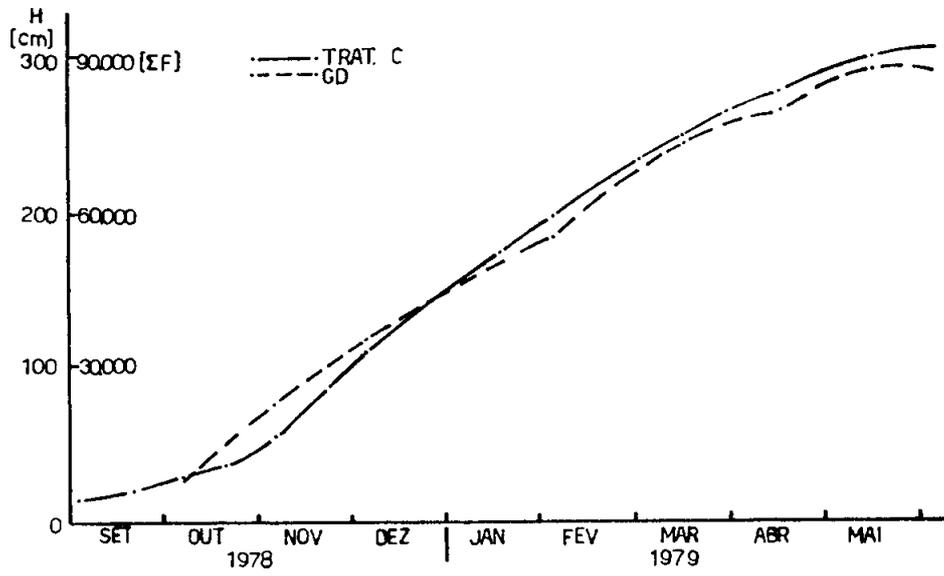


FIGURA 10. Curva de graus-dia \times crescimento. Cana ressoca.

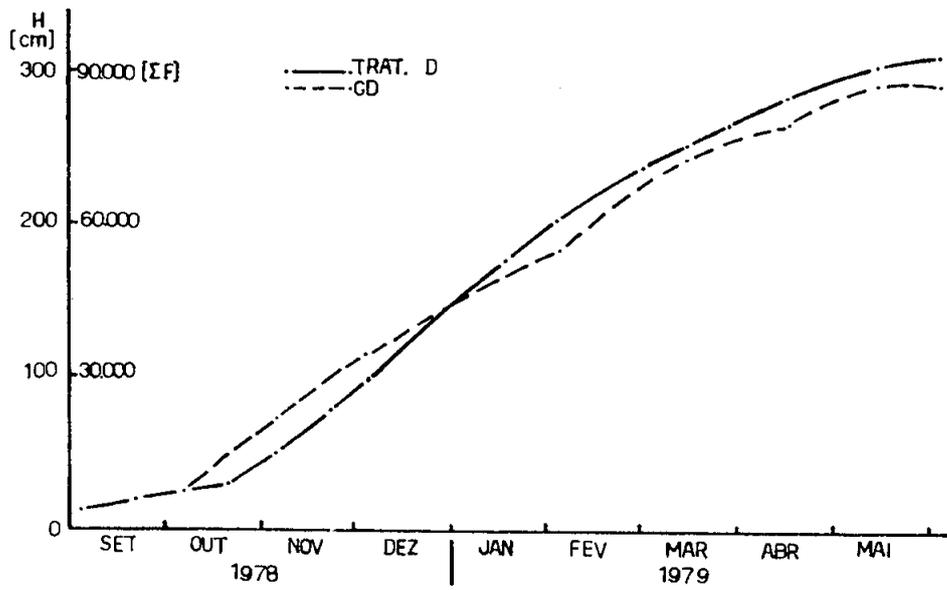


FIGURA 11. Curva de graus-dia \times crescimento. Cana ressoca.

TABELA 3. Regressões determinadas entre os valores $\Delta H \times (\Sigma F)$.

Cana soca

Tratamentos	Equações ΔH	r	R ²
A	$\Delta H = 11,26 \times 0,0026 (\Sigma F)$	0,9063	0,8214
B	$\Delta H = 9,65 \times 0,0027 (\Sigma F)$	0,9307	0,8662
C	$\Delta H = 10,61 \times 0,0026 (\Sigma F)$	0,8516	0,7252
D	$\Delta H = 12,68 \times 0,0021 (\Sigma F)$	0,6596	0,4351

Cana ressoca

Tratamentos	Equações ΔH	r	R ²
A	$\Delta H = 5,05 \times 0,0029 (\Sigma F)$	0,8392	0,7042
B	$\Delta H = 8,21 \times 0,0027 (\Sigma F)$	0,8820	0,7779
C	$\Delta H = 4,43 \times 0,0029 (\Sigma F)$	0,8585	0,7370
D	$\Delta H = 1,95 \times 0,0032 (\Sigma F)$	0,8606	0,7406

CONCLUSÕES

Em face do exposto, podemos concluir que, para condições similares de clima e solo do experimento:

1. A hipótese formulada sobre a função de fixação de energia (F) pela cana-de-açúcar em termos da combinação e foto-período, quando testada contra a variação de altura das plantas (ΔH), mostrou-se bastante viável, para períodos de cerca de 30 dias.

2. O valor acumulado da função de fixação de energia (ΣF) permitiu-nos estimar o crescimento da cana-de-açúcar em termos da variação de altura (ΔH), para os diferentes tratamentos (níveis d'água) através das equações da Tabela 3.

3. Para o tratamento D (parcelas não irrigadas) a interação entre ΔH e (ΣF) foi prejudicada, função dos períodos de seca ocorridos durante o ciclo, determinando valores pouco significativos de r e R^2 .

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, F.G. Caña de azucar. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, Caracas, p. 191-272. 1975.
- BACCHI, O.S. & SOUZA, J.A.G.C. Minimum threshold temperature for sugarcane growth. Plant Physiology, International Society of Sugar Cane Technologists, Proceedings XV Congress, São Paulo, p. 1733-1741. 1977.
- BARBIERI, V.; BACCHI, O.S. & VILLA NOVA, N.A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). In: 1º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Mossoró, RN. 1979.
- FAUCONIER, R. & BASSEREAU, D. La caña de azucar. Coleção Agricultura Tropical, Barcelona, Espanha, p. 51-59. 1975.
- PEDREIRA, J.V.S. Crescimento estacional dos capins Colonião (*Panicum maximum* Jacq.), Gordura (*Melinia multiflora*), Jaraguá (*Hyparrcheria rufa*) e Pangola de Taiwan (*Digitaria pen-tzii*). Piracicaba, ESALQ/USP. 1972. (Tese de Doutorado).

SOTO, H.A.H. Um modelo simples de estimativa de produção de forragem para colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e Pangola (A-24, *Digitaria pentzii* Stent), Usando Parâmetros Climáticos. ESALQ/USP, Piracicaba, SP. 1981.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JR., J.M.; PEREIRA, A.R. & OMETTO, J.S. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máximas e mínimas. Caderno de Ciência da Terra nº 30, Instituto de Geografia, USP. 1972.