
ENERGIA X ALIMENTOS: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE THÜNEN*

Ruy Aguiar da Silva Leme**

INTRODUÇÃO

Uma das grandes questões suscitadas pelo Programa Nacional do Alcool é se o mesmo provocará deslocamento de culturas, principalmente alimentícias, e a conseqüente elevação do preço de alimentação. A resposta a esta indagação só pode ser dada de forma completa pelo exame de diversos fatores, tais como qualidade e fertilidade do solo, relevo, clima, estrutura fundiária. Contudo, acreditamos que haja interesse em responder a esta pergunta de uma forma geral, sem levar em conta as peculiaridades mencionadas. Admitindo um solo homogêneo num espaço isótropo, como regra poder-se-ia estabelecer que as culturas energéticas deslocaram as culturas alimentícias? Tal pergunta pode ser respondida com a aplicação de um modelo

da teoria de localização, o de Thünen, como iremos demonstrar.

1. MODELO DE THÜNEN

O modelo de Thünen, que examinamos em profundidade em trabalho anterior⁽¹⁾, estuda como se distribui a produção agrícola de uma série de bens que abastecem um centro urbano.

Seja P_{i0} o preço CIF por tonelada do bem i no centro urbano. Seja $c_i = a_i + b_i d$ o custo de transporte por tonelada do produto i a uma distância d do centro urbano, sendo a_i o custo fixo de transporte, e $b_i d$ o custo proporcional à distância. O preço FOB por tonelada do bem i num lote situado a uma distância d do centro urbano será igual a:

$$P_i = P_{i0} - c_i = P_{i0} - (a_i + b_i d)$$

* O presente trabalho faz parte da Apreciação Tecnológica do PROÁLCOOL elaborada pelo IA-USP, Planalsucar/IAA e Centro Mauá de Tecnologia, sob o patrocínio da STI-MIC.

** Da FEA/USP.

(1) SILVA LEME, R.A. *Contribuição à Teoria da Localização Industrial*, 1964.

Caso a produção por hectare por ano do bem i seja q_i e o custo anual desta produção, ainda por hectare, seja k_i , a renda anual por hectare será:

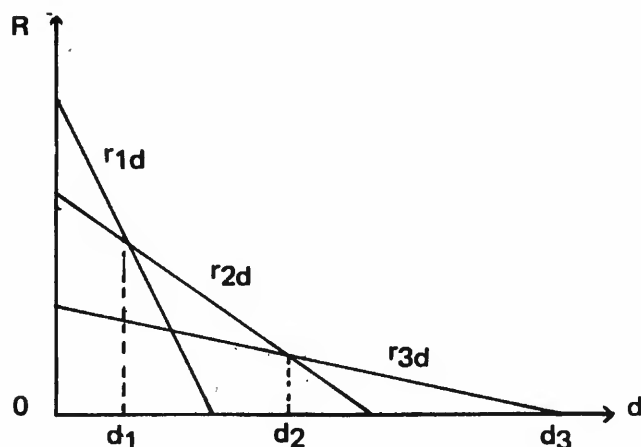
$$\begin{aligned} r_{id} &= (p_{io} - a_i - b_i d) q_i - k_i = \\ &= (p_{io} - a_i) q_i - k_i - b_i q_i d \end{aligned}$$

Designando por $(p_{io} - a_i) q_i - k_i = A_i$,

temos $r_{id} = A_i - b_i q_i d$

Considerando diversos bens i e propriedades a diversas distâncias d , podemos calcular as rendas r_{id} dos diversos bens i nas diferentes distâncias d . Assim, por exemplo, na figura 1, no eixo das ordenadas, marcamos a renda de três produtos 1, 2 e 3 e, nas abscissas, a distância ao centro, obtendo três retas r_{1d} , r_{2d} e r_{3d} . Em cada distância será cultivado o bem que oferece maior renda. Assim, até a distância d_1 será cultivado o bem 1, entre d_1 e d_2 o bem 2 e entre d_2 e d_3 o bem 3.

FIGURA 1



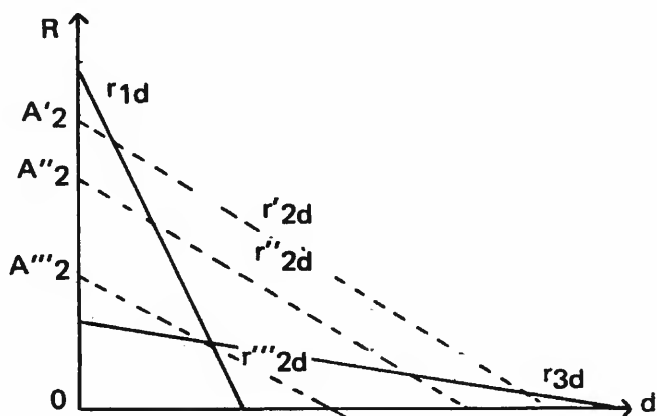
Como relação à posição relativa das várias culturas pudemos observar que:

a. quanto mais inclinada a reta $r_{id} = A_i - b_i q_i d$, mais perto do centro será cultivado o bem i . Nestas condições, temos a regra de que as diversas culturas distribuir-se-ão em

torno do centro na ordem decrescente do produto $b_i q_i$.

b. a posição relativa de uma cultura depende apenas do valor $b_i q_i$, independentemente de A_i . Assim, na figura 2 temos três valores diferentes para A_2 , mantido o mesmo $b_2 q_2$. Em dois dos casos de A'_2 e A''_2 o produto 2 será cultivado entre os produtos 1 e 3. No terceiro caso, A'''_2 , o produto 2 não será cultivado. Assim sendo, na hipótese de o produto 2 ser cultivado, o será entre os produtos 1 e 3.

FIGURA 2



Voltando à expressão do custo de transporte $c_i = a_i + b_i d$ temos que $b_i = \Delta c_i$ para $\Delta d = 1$, isto é, b_i é o acréscimo do custo de transporte por unidade de peso correspondente a um acréscimo unitário na distância transportada.

Nestas condições, $b_i q_i$ é o acréscimo do custo de transporte, da produção de um hectare de terra, para um acréscimo unitário na distância transportada.

2. APLICAÇÃO DO MODELO AO PROÁLCOOL

Como vimos, para se estabelecer a posição relativa das diversas culturas em torno do centro urbano é necessário e suficiente levantar os valores de b_i e q_i .

Os valores de b_i podem ser calculados a partir dos dados da tabela 1.

TABELA 1

CUSTO DE TRANSPORTE EM CR\$/TON – (Preços 1980)		
DISTÂNCIA (km)	TRANSP. CARGA SECA(a)	TRANSP. COMBUSTÍVEL LÍQUIDO(b)
50	863,71	213,56
100	945,36	372,11
200	1.108,52	673,76
300	1.430,50	964,64
400	1.593,66	1.248,92
600	1.919,99	1.804,56
800	2.246,33	2.348,29
1000	2.562,71	2.883,52
1500	3.388,52	4.195,44
2000	4.204,68	5.481,37

Fontes: (a) CONET/NTC. Tabela de tarifas de transporte rodoviário de carga – Veículo MBB L 1113/48 – capacidade de carga líquida 12.000 kg, junho 1980.
(b) MME/CNP/DIPRE. Tabela de Entrega a Longa Distância, Produtos Claros, maio 1980.

As regressões dos custos de transporte sobre a distância d fornecem:

a. para combustíveis líquidos:

$$c_i = 143,44 + 2,869 d$$

b. para carga seca:

$$c_i = 841,41 + 1,683 d.$$

De onde se obtém:

$$b_i = 2,869 \text{ para combustíveis líquidos}$$

$$b_i = 1,683 \text{ para carga seca}^{(2)}$$

Os valores de q_i para os alimentos estão resumidos na tabela 2, na qual figuram as produtividades em toneladas por hectare por ano.

TABELA 2

PRODUTO i	PRODUTIVIDADE q_i t/ha
Arroz	1,305
Feijão	0,476
Milho	1,221
Trigo	0,956

Para o álcool, o valor de q_i dependerá da matéria-prima adotada. Na tabela 3 temos a produtividade agrícola em t/ha, a produtividade industrial em l/t, a produtividade global em l/ha e em t/ha, para diferentes matérias-primas.

(2) A rigor, os valores de b_i deveriam ter sido estimados com erros nas duas variáveis " c_i " e " d ". Contudo, como o erro de " d " é muito inferior ao de " c_i ", basta considerar o erro nesta última variável.

TABELA 3

MATÉRIA-PRIMA	PRODUT. AGRÍCOLA t/ha/ano	PRODUT. INDUSTRIAL l/t	PRODUTIV. GLOBAL q_i	
			l/ha	t/ha
1. Cana	64	65,0	4.160	3,28
2. Mandioca	17,5	180,0	3.150	2,48
3. Sorgo	90	80,0	7.200	5,68
4. Madeira	15	125,0	1.815	1,43

Os produtos $b_i q_i$ são fornecidos na tabela 4.

TABELA 4

PRODUTOS	VALORES DE $b_i q_i$
Arroz	2,196
Feijão	0,801
Milho	2,055
Trigo	1,608
Álcool { Cana	9,410
{ Mandioca	7,115
{ Sorgo	16,296
{ Madeira	4,103

Comparando os $b_i q_i$ do álcool com os dos alimentos, verificamos que para qualquer matéria-prima empregada o $b_i q_i$ do primeiro é superior aos destes últimos, o que indica terem as culturas produtoras de álcool se localizado mais próximas ao centro urbano, expulsando para fora as culturas alimentícias.

CONCLUSÃO

Admitindo que a produtividade por hectare e o custo de produção por hectare sejam constantes para cada cultura nos lotes que cercam o centro urbano, e que o custo de transporte cresça linearmente com a dis-

tância ao centro urbano, então as culturas energéticas — cana, mandioca, sorgo e madeira —, matérias-primas para produção do álcool, tendem a expulsar para longe do centro as culturas alimentares — arroz, feijão, milho e trigo.

Sendo b_i o acréscimo no custo de transporte por unidade, correspondente a um acréscimo unitário da distância a transportar e q_i a produtividade da cultura i em tonelada por hectare, então as culturas alimentares têm seu $b_i q_i$ compreendidos entre 0,801 e 2,196, os quais são muito menores do que os $b_i q_i$ das culturas energéticas, compreendidos entre 4,103 e 9,410. Como as culturas de maior $b_i q_i$ tendem a se localizar mais próximas ao centro, então:

a. as culturas energéticas serão mais atraídas pelos centros;

b. constatada a grande diferença entre os $b_i q_i$ das culturas energéticas e das culturas alimentares, a conclusão deve permanecer válida, mesmo considerando a grande variabilidade dos q_i , que dependem do nível tecnológico.

Finalmente, o produto $b_i q_i$ é maior para as culturas energéticas, pelo fato de os dois fatores b_i e q_i serem maiores para estas culturas.