

ALIMENTOS E ENERGIA: COMO COMPATIBILIZAR O CONFLITO EMERGENTE?

*Paulo Roberto Silva **

Resumo: Destaca-se, neste estudo, o papel da agricultura como fonte de biomassa energética e o clássico problema de alocação de recursos competitivos e não-competitivos para a produção de energia e de alimentos. Alguns dos métodos, tradicionalmente utilizados na estimativa do potencial produtivo de biomassa, são analisados e criticados porque ignoram o essencial do problema, que é a possibilidade de usos alternativos dos recursos escassos. Em face disso, sugere-se a utilização de um modelo conceitual que leve em consideração a interdependência entre as duas atividades (produção de alimentos e de energia) supostamente mais adequado para a caracterização e solução desse emergente conflito.

INTRODUÇÃO

O papel da agricultura como fonte primária de energia tem sido bastante significativo em nosso país, não obstante sua função primordial ainda ser a produção de alimentos e matérias-primas para o consumo interno e externo. Ultimamente, ante a desfavorável conjuntura mundial e o iminente colapso no abastecimento mundial de petróleo, tem-se reservado ao setor agrícola mais um grande desafio, que é o equacionamento do problema energético, através do aproveitamento da biomassa.

Ante essa nova perspectiva, o setor agrícola é duplamente sobrecarregado, pois, além de ofertar em caráter prioritário alimentos para a população, deverá, ao mesmo tempo, incrementar a pauta de exportações e dinamizar a produção de biomassa para fins energéticos. O lado mais crítico da questão é que todos esses programas despontam como prioritários, mas, devido à escassez de recursos, dificilmente poder-se-ia viabilizá-los simultaneamente(14).

* O autor é Professor-Adjunto da Universidade Federal do Ceará (CESA/UFC) e Técnico em Desenvolvimento do Banco do Nordeste do Brasil S.A. (BNB/ETENE).

NOTA: O autor agradece aos Drs. Osmundo Rebouças, Pedro Jorge R. Viana, Roger A. Fox, Ariosto Holanda, Sebastião A. Filho, José V. Biserra e Said Ahmed pelos comentários e sugestões apresentados à versão inicial deste trabalho. Os erros e omissões, contudo, correm por sua conta e responsabilidade.

“Artigo publicado na REN – Vol. 12, nº 3, jul/set de 1981. Em Virtude de incorreções apresentadas nas páginas 550 e 551 da referida edição, reeditamos, com as necessárias retificações”.

Tais conflitos, que caracterizam os desencontros da política governamental no país, vêm sendo causticamente criticados nos últimos anos, pelo fato de alguns programas da área energética imporem sérias restrições à implementação e ao futuro de outros planos, principalmente aqueles do setor agrícola (8,12). A dupla questão envolvendo a disponibilidade de recursos para a produção de biomassa e a competição com as culturas alimentares recrudescerá enfaticamente, em especial no Nordeste, onde a escassez de terras férteis e o problema alimentar são dois condicionantes de importância transcendental(10).

Muitos talvez argumentassem que, no caso do Brasil, um país imenso e com uma apreciável base física de recursos naturais, esse problema é irrelevante, embora isto não invalide o esforço ou tentativa de alguém questionar. Ademais, o que é verdadeiro para o todo nem sempre prevalece para as partes, e como as decisões políticas são em geral muito arbitrárias e precedidas de inquestionáveis juízos de valor, é lícito tentar aperfeiçoá-las, principalmente no que diz respeito à seleção e determinação de prioridades, sejam elas nacionais ou regionais.

Este trabalho ataca formalmente o problema e analisa a natureza do dilema em questão, de modo particular o clássico problema de alocação de recursos competitivos entre a produção de alimentos e de energia. Saliente-se na oportunidade, que, durante o desenvolvimento deste texto, não houve preocupação excessiva de apresentar algo original. A idéia, é muito mais explicitar claramente o problema, visando estimular o debate entre os cientistas físicos e sociais, vivamente empenhados em minimizar o conflito e indicar alternativos cursos de ação.

A análise efetuada é, de certa forma, genérica e inicia com algumas qualificações de natureza metodológica sobre os métodos usualmente utilizados na quantificação dos recursos e do potencial produtivo da biomassa para fins energéticos. Subseqüentemente, são estabelecidas as bases conceituais do problema e indicado um tratamento analítico mais adequado e realista, objetivando a sua solução.

O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS COMPETITIVOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA E DE ALIMENTOS

Tem sido uma tradição neste país a concepção de planos e programas irrealistas, fora do contexto nacional e inteiramente dissociados dos reais interesses e aspirações da sociedade. Também virou rotina conceberem-se

projetos dentro de um clima estritamente emocional e implementá-los antes mesmo de as idéias serem devidamente maturadas e observados os seus custos e reais benefícios a curto e longo prazos.

As expectativas da tecnoburocracia e dos porta-vozes oficiais com relação aos programas delineados pelo governo são tão otimistas que chegam quase ao ufanismo. O exemplo mais atual é o PROÁLCOOL, um dos programas especiais da área energética, voltado para a produção de substitutos de alguns dos derivados do petróleo.¹

Em torno do PROÁLCOOL concentram-se no momento todas as atenções e recursos; simularam-se novas áreas para a produção da matéria-prima e ampliou-se o crédito para a produção agrícola, pesquisa básica, tecnológica e desenvolvimento industrial. A despeito de tudo isso, entretanto, esquece-se do mais fundamental que é o fato de ser o PROÁLCOOL um programa de desenvolvimento, e, como tal, não pode estar dissociado de outros planos e projetos, sejam eles nacionais, regionais ou setoriais.

Dentro desta ordem de idéias, preocupa sobretudo a invocada participação da agricultura no programa, como se a disponibilidade atual e futura de biomassa energética não tivesse qualquer impacto sobre a área agrícola disponível para outras culturas, como as alimentícias e as de exportação. O irrealismo dessa suposição é calcado nos tratamentos inadequados que se dão às estimativas da oferta de matéria-prima e ao problema alocativo dos recursos escassos entre a produção de alimentos e de biomassa, conforme será discutido nas seções a seguir.

Projeção da Tendência Histórica e Zoneamentos Edafo-climáticos como Base para Estimativa do Potencial Produtivo da Biomassa Energética

A produção e diversificação de matérias-primas energéticas é inquestionavelmente o problema mais crucial a ser enfrentado pelo PROÁLCOOL e outros programas concebidos nessa área.² Dúvidas persistem com relação à oferta de matéria-prima, pois os cálculos alusivos ao potencial produtivo

¹ Para maiores detalhes sobre o PROÁLCOOL, veja: (2, 4, 7, 9, 11).

² Cite-se, entre outros, o Programa de Produção de Óleos Vegetais para fins energéticos, conforme proposição submetida pelo Ministério da Agricultura à Comissão Nacional de Energia, em 21 de outubro de 1980.

são, em geral, imprecisos, seja pela infidedignidade das estatísticas disponíveis ou mesmo pela ausência completa de informações.

Muitas das estimativas realizadas limitam-se simplesmente às principais zonas de ocorrências das culturas, ou ainda, às áreas mais densas de produção. As projeções sobre área cultivada e oferta de matéria-prima via métodos estatísticos convencionais são muito precárias, pois admitem uma oferta ilimitada de recursos para a produção. Tal hipótese é pouco plausível e levará obviamente a conclusões absurdas e graves erros de imprecisão. Ademais, referidas projeções pressupõem que deverão prevalecer todas aquelas condições do passado ("ceteris paribus"), bastante irrealistas no caso em apreço, onde devem ocorrer ajustamentos na tecnologia, na organização da produção, nas relações de preços fator/produto e em outros fatores que afetam a produção e a produtividade.

Igualmente, parecem bastante precárias as prospecções que se fazem sobre o potencial produtivo da biomassa, com base em zoneamentos edafo-climáticos. Além das limitações inerentes ao próprio método na delimitação e mapeamento das áreas de produção, tais zoneamentos são falaciosos, vez que admitem a utilização da terra em função apenas de sua capacidade de uso, e não como um recurso competitivo com diferentes alternativas de utilização. Como consequência disso, incorre-se num erro de estimativa bastante grosseiro, que é o superdimensionamento do estoque de biomassa existente, motivado obviamente pela dupla contagem ou superposição de áreas as quais poderiam ser igualmente aproveitadas para outros fins.

Comumente, as estimativas a partir de zoneamentos pressupõem uma área agrícola apta ao cultivo de determinado produto (ex.: sorgo) e, com base no seu rendimento físico médio por hectare, projeta-se o potencial produtivo. Ora, tal estimativa seria rigorosamente verdadeira se a área agrícola em apreço se prestasse apenas ao cultivo do sorgo. Caso contrário, e como normalmente ocorre, poder-se-ia utilizar a mesma área para estimar o potencial produtivo de outras culturas, incorrendo-se num erro de dupla contagem e grave imprecisão.

Para exemplificar, cite-se um dos mais recentes trabalhos sobre zoneamentos edafo-climáticos realizado pela Fundação Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED), onde foram identificados 149,7 milhões de hectares de terras aptas ao cultivo do algodão, cana-de-açúcar,

mandioca, mamona e sorgo, no Nordeste.³ A título de esclarecimento, frise-se que a referida área é quase o dobro do total de terras recenseadas na região e, aproximadamente, 97,0% da superfície terrestre do Nordeste.⁴ Por aí se vê quão falaciosos são esses zoneamentos, vez que apenas cinco culturas chegariam a ocupar mais do que o total das terras agricultáveis da região. Isto ocorre porque o método não exclui as terras que são simultaneamente aptas ao desenvolvimento de várias culturas, acarretando, por conseguinte, estimativas tendenciosamente ascendentes da produção.

Do exposto pode-se concluir que, apesar de úteis, os índices de aptidão edafo-climática não são conclusivos e podem, quando utilizados indiscriminadamente, levar a estimativas pouco precisas e sem nenhuma significação. Comparativamente aos métodos de projeção da tendência histórica, os zoneamentos agrícolas apresentam uma pequena vantagem, mas ainda assim são bastante precários, pois não impõem quaisquer restrições quanto à implantação e expansão de atividades agrícolas que competem pelo uso dos mesmos recursos, em especial a terra. No cômputo geral, entretanto, ambos os métodos parecem inadequados, pois, além de abstraírem a essência do problema, não permitem avaliar as prováveis repercussões de um incremento na área cultivada com biomassa sobre a oferta de outras matérias-primas, inclusive a de alimentos para a população.

A Curva de Possibilidades da Produção: Um Enfoque Alternativo

Caracterização Geométrica do Conflito

Os métodos tradicionais utilizados no cálculo e estimativa da produção potencial de biomassa ignoram implicitamente a possibilidade de utilização dos recursos entre fins alternativos, como, por exemplo, o uso de terra para a obtenção de biomassa ou de alimentos.

Dentro de uma ótica estritamente econômica, tal procedimento é inaceitável, porquanto equivaleria dizer que o custo de oportunidade dos recursos escassos e potencialmente disponíveis para essa ou aquela atividade é zero.

³ De acordo com informações contidas no Relatório Síntese do CPEDI: "Relatório V: Oportunidades de Investimento em Agroindústrias no Nordeste". Salvador-BA, julho de 1980, p. 239.

⁴ Incluindo lavouras, pastagens, matas e florestas, terras em descanso, irrigadas e produtivas não-utilizadas. FIBGE Censo Agropecuário de 1975.

Ou, analogamente, admitir que existem fatores ociosos e, por conseguinte, seria possível expandir indefinidamente a produção de biomassa sem causar quaisquer prejuízos à produção de alimentos para o consumo interno e externo.

Na prática, esta não seria uma caracterização realista do problema, pois, a despeito de existirem momentaneamente fatores ociosos que possibilitem a expansão simultânea da produção de biomassa e de alimentos, a longo prazo, eles deverão competir pelo uso dos mesmos recursos, especialmente a terra. Teoricamente, para definir melhor o problema poder-se-iam já considerar duas atividades (produção de alimentos e de biomassa), cujas funções de produção agregadas estariam representadas na figura a seguir.

As funções de produção Y_a e Y_e , especificadas na figura 1, pressupõem um determinado nível tecnológico (relação fator/produto específica) e podem dar origem a uma curva de possibilidades de produção $g(Y_a, Y_e) = \bar{Z}$, a qual representa o máximo de alimentos e de biomassa que podem ser obtidos a partir dos recursos competitivos e não-competitivos.

O triângulo OAB delimita a disponibilidade de fatores produtivos (montante $OA = OB$) e, pela forma do diagrama apresentado, vê-se claramente que as atividades Y_a e Y_e competem pelo uso dos mesmos recursos.⁵ Assim sendo, caso todo o estoque disponível no montante OA viesse a ser alocado para produzir um máximo de alimentos (Y_a^X), nada seria obtido da biomassa. Alternativamente, poder-se-ia utilizar todo o estoque de fatores competitivos (montante OB) para obter um máximo de biomassa (Y_e^X), e nada de alimentos. Soluções intermediárias são obviamente possíveis e, até certo ponto, mais frequentes na vida real. Na Figura 1, por exemplo, verifica-se que seria possível obter diversas combinações de alimentos e de biomassa (pontos D e E) a partir do mesmo estoque de fatores e que, dentro de amplitude CF, só seria viável expandir a produção de biomassa reduzindo-se a de alimentos e vice-versa.

A alocação mais eficiente de cada recurso vai depender dos valores de suas produtividades à margem. Cabe distinguir aqui os fatores variáveis x_1, \dots, x_d , daqueles como x_{d+1}, \dots, x_g , os quais, embora limitados para o todo, podem variar entre atividades. No caso dos primeiros, os princípios gerais de equimarginalidade prevalecem e, desse modo, os valores das produ-

⁵ Note que qualquer combinação dentro do triângulo OAB esgota todo o estoque de recursos competitivos disponível ou seja: $oa_1 + ob_2 = oa_2 + ob_1 = OA = OB$.

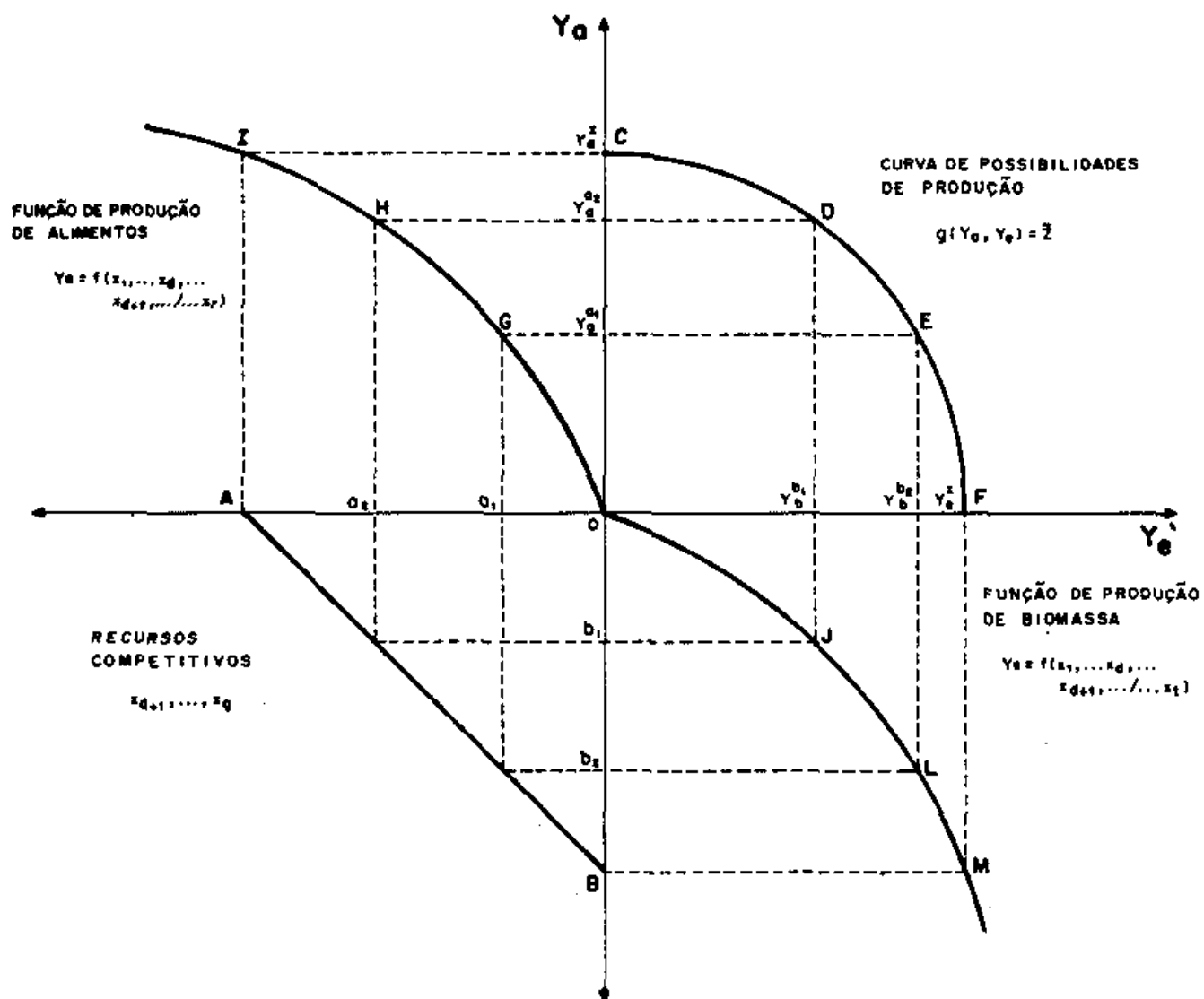


FIG. 1. DERIVAÇÃO DA CURVA DE POSSIBILIDADES DE PRODUÇÃO E PARTES DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO CONTÍNUAS

tividades marginais de cada um deles na produção de alimentos e de biomassa devem igualar seus respectivos preços e se igualarem entre si, isto é:

$$P_{y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) / P_{x_i} = P_{y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) / P_{x_i} \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (a)$$

Para aqueles recursos cuja oferta é fixa, mas existem várias atividades competindo pelo seu uso, o montante ótimo a ser alocado é obtido igualando-se os valores de suas respectivas produtividades marginais na produção de cada uma das atividades competitivas (no caso biomassa e alimentos). Implicitamente, isto nada mais é do que a aplicação do princípio do custo de oportunidade⁶ pelo uso alternativo desses recursos competitivos; algebricamente, esta igualdade pode ser expressa pela seguinte equação:

$$P_{y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) = P_{y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) \quad i = d+1, \dots, g \quad (b)$$

Note-se que, na expressão (b), o preço dos recursos x_{d+1}, \dots, x_g é determinado implicitamente e o valor imputado a cada um deles para a produção de uma unidade extra de alimento ou de energia deve corresponder exatamente às suas contribuições marginais. Tomando-se como exemplo o fator terra, o qual poderá ser utilizado tanto em Y_a como em Y_e , significa dizer que no equilíbrio lhe seria atribuído um valor imputado de tal forma que o valor de sua produtividade à margem, para a produção de alimentos, deverá ser exatamente igual ao valor que essa mesma unidade extra ou adicional geraria em sua melhor utilização alternativa (no caso a produção de biomassa).

Convém lembrar que a curva constituída pelos pontos CDEF (figura 1) também poderá ser interpretada como uma curva de "isocusto", haja vista que, ao longo da mesma, existirão várias combinações de alimentos e de biomassa que poderão ser obtidas a partir de um mesmo estoque de recursos e certamente com o mesmo dispêndio. Alguns desses custos, entretanto, como aqueles referentes ao uso dos fatores x_i ($i = d+1, \dots, x_g$), são imputados e, implicitamente, refletem o seu valor no melhor uso alternativo ou simplesmente um custo de oportunidade. Embora não ilustrado na figura 1, uma

⁶ Aqui definido como o valor da produção de alimentos que foi sacrificada em virtude de os recursos competitivos terem sido alocados na produção de biomassa.

curva de "isoreceita", representando as diversas combinações de alimentos e de biomassa que resultariam sempre na mesma renda, poderia ser superposta à curva CDEF para se obter o melhor nível de produção, de lucratividade e, concomitantemente, os montantes ótimos de cada recurso utilizados na produção de alimentos e de biomassa.

Caracterização Algébrica e Compatibilização do Conflito

A figura 1 é bastante intuitiva e facilita o entendimento do clássico problema de alocação de recursos competitivos e não-competitivos entre diferentes alternativas, como no caso da produção de alimentos e/ou de biomassa. Sua desvantagem mais aparente é que a mesma se restringe apenas a duas atividades e nem sempre possibilita uma visualização clara das inúmeras relações (explícitas e implícitas) do problema em questão. A formulação alternativa e convencional é a algébrica onde o problema pode-se estender a vários fatores, visando obter simultaneamente os níveis de produção e lucros máximos, além dos montantes ótimos de cada fator a serem utilizados. Mais precisamente, poder-se-ia partir de duas funções de produção agregadas, representativas da produção de alimentos e de biomassa, e definidas pelas expressões a seguir:

$$Y_a = f(X_1, \dots, X_d, X_{d+1}, \dots, X_g/X_{g+1}, \dots, X_r)$$

$$Y_e = f(X_1, \dots, X_d, X_{d+1}, \dots, X_g/X_{r+1}, \dots, X_n)$$

onde:

Y_a e Y_e = níveis de produção máxima esperados (alimentos e biomassa);

X_1, \dots, X_d = recursos variáveis para a produção de alimentos e/ou de biomassa;

X_{d+1}, \dots, X_g = recursos fixos para o todo, mas variáveis entre a produção de alimentos e de biomassa;

X_{g+1}, \dots, X_r = recursos fixos utilizados unicamente na produção de alimentos;

X_{r+1}, \dots, X_n = recursos fixos utilizados unicamente na produção de biomassa.

Mais uma vez ressalte-se que, nas duas funções, além dos fatores fixos necessários tão-somente à produção de alimentos ou de biomassa, existirá um certo montante de recursos X_{d+1}, \dots, X_g , cuja oferta global é fixa, mas passível de alocação entre as duas atividades (ex.: terra).

A determinação algébrica do montante ótimo dos recursos, do nível máximo de produção e da lucratividade, advindos da produção de biomassa e de alimentos, é feita através da solução simultânea de um sistema de equações e segue fundamentalmente as regras de otimização definidas pelas expressões a e b apresentadas anteriormente. Referido sistema é constituído pelas funções de produção (Y_a e Y_e), por uma equação de lucro (π), além da identidade $Q_i = x_i^{y_a} + x_i^{y_e}$, que define o montante disponível dos recursos x_{d+1}, \dots, x_g a ser utilizado entre a produção de alimentos e de biomassa. Algebricamente, a estrutura geral do sistema de equações estaria definida conforme a especificação a seguir:

$$Y_a = f(X_1, \dots, X_d, X_{d+1}, \dots, X_g/X_{g+1}, \dots, X_r) \quad (1)$$

$$Y_e = f(X_1, \dots, X_d, X_{d+1}, \dots, X_g/X_{r+1}, \dots, X_t) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \pi = & (P_{y_a} Y_a + P_{y_e} Y_e) - \sum_{i=1}^d (P_{x_i} X_i^{y_a} + P_{x_i} X_i^{y_b}) - \\ & - \sum_{i=d+1}^g \lambda_i (X_i^{y_a} + X_i^{y_e}) - K \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{y_a}} = P_{y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) - P_{x_i} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (4)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_i^{y_e}} = P_{y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) - P_{x_i} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, d \quad (5)$$

⁷ Este termo define o custo total dos fatores fixos x_i ($i = d+1, \dots, g$), onde $X_i^{y_a} + X_i^{y_e}$ representa o montante disponível e λ_i os seus preços (imputados) ou custos de oportunidade.

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_i y_a} - \frac{\partial \pi}{\partial x_i y_e} = P_{y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) - P_{y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) = 0$$

$$i = d + 1, \dots, g \quad (6)$$

$$Q_i - X_i^y a - X_i^y e = 0 \quad i = d + 1, \dots, g \quad (7)$$

onde:

Além de Y_a , Y_e , π , λ_i e Q_i , já definidos anteriormente, P_{x_i} e x_i representam os preços e as quantidades dos fatores X_i ($i = 1, \dots, d$), K é o custo total dos fatores fixos X_i ($i = g + 1, \dots, t$), e P_{y_a} e P_{y_e} os preços dos produtos, no caso alimentos e biomassa.⁹ O sistema completo terá $2_g + 3$ equações e a sua solução simultânea permite a determinação dos valores das incógnitas do problema como Y_a , Y_e , π , os recursos variáveis x_i ($i = 1, \dots, g$) e os preços imputados ("shadow prices") dos recursos fixos x_i ($i = d+1, \dots, g$).

Viabilidade Empírica e Operacionalização do Modelo Proposto: A Técnica da Programação Linear

Conquanto teoricamente plausível, várias restrições se antepõem ao uso do modelo em apreço para a estimativa do montante ótimo dos recursos competitivos e não-competitivos a serem utilizados na produção de alimentos e de

⁸ Como $\frac{\partial \pi}{\partial x_i y_a} = P_{y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) - \lambda_i = 0$ e $\frac{\partial \pi}{\partial x_i y_e} = P_{y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) - \lambda_i = 0$, segue-se que:

$$P_{y_a} \left(\frac{\partial Y_a}{\partial x_i} \right) = P_{y_e} \left(\frac{\partial Y_e}{\partial x_i} \right) = \lambda_i$$

⁹ Se os mercados de fatores e produtos não forem perfeitamente competitivos, P_{x_i} , P_{y_a} e P_{y_e} serão representados nas equações (3), (4), (5) e (6) pelas seguintes expressões: $P_{x_i} + x_i \left(\frac{\partial P_{x_i}}{\partial x_i} \right)$, $P_{y_a} + Y_a \left(\frac{\partial P_{y_a}}{\partial Y_a} \right)$, e $P_{y_e} + Y_e \left(\frac{\partial P_{y_e}}{\partial Y_e} \right)$

energia. Na realidade, no exemplo dado, o caso ainda foi extraordinariamente simplificado, vez que o problema de escolha se restringiu a uns poucos recursos e apenas a duas atividades (Y_a e Y_e). Mesmo assim, ressalte-se que a derivação de curvas de possibilidade de produção, a partir de funções de produção agregadas, contínuas e diferenciáveis, poderia converter-se num processo laborioso e complexo.

No caso de vários fatores e produtos, as dificuldades operacionais triplicam, ao mesmo tempo em que surgem vários outros problemas relacionados com classificação, contabilização e agregação dos insumos e produtos, estimativa dos valores das produtividades marginais, especificação da forma funcional adequada, condições de 2a. ordem, etc.¹⁰ Na prática, entretanto, é possível, mediante alguns ajustamentos, obter razoáveis aproximações das verdadeiras funções de produção e operacionalizar o modelo proposto sem alterar-lhe o conteúdo ou lógica da concepção. Para tanto, é bastante segmentar as funções de produção Y_a e Y_e em seções lineares (OG, GH, . . . , LM) e ajustar a solução do problema aos métodos convencionais de programação matemática, como a programação linear. As funções de produção resultantes representam, de fato, subfunções e se comportam como se fossem diferentes processos ou vetores de produção.

Rigorosamente, não há diferença entre os dois métodos propostos. Apenas as funções de produção implícitas na programação linear não são diferenciáveis ao longo de todo o campo de variação, gerando, por conseguinte, produtividades e custos marginais descontínuos. Por outro lado, embora não-diferenciáveis, pressupõe-se que tais funções de produção sejam estritamente côncavas, compatíveis, pois, com a lei dos rendimentos decrescentes, e a derivação de uma curva de possibilidades de produção estritamente convexa, conforme apresentada na figura 2, a seguir.¹¹

Conforme se vê, a figura 2 mantém uma estreita analogia com a figura 1, apresentada anteriormente. A rigor, elas se diferenciam apenas pela linearização de alguns segmentos das funções de produção originais (para alimentos e biomassa), gerando como contrapartida uma curva de possibilidades de produção também linearizada e descontínua, mas muito próxima da configuração anterior (curva CDEF).

¹⁰ Veja, para detalhes, JOHNSON, G. L. (13) e BERINGER, C. (6).

¹¹ Para maiores esclarecimentos veja BAUMOL, W. G. (5), pp. 280-281 e VERNON, J. M. e NAYLOR, J. M. (15), pp. 213-233.

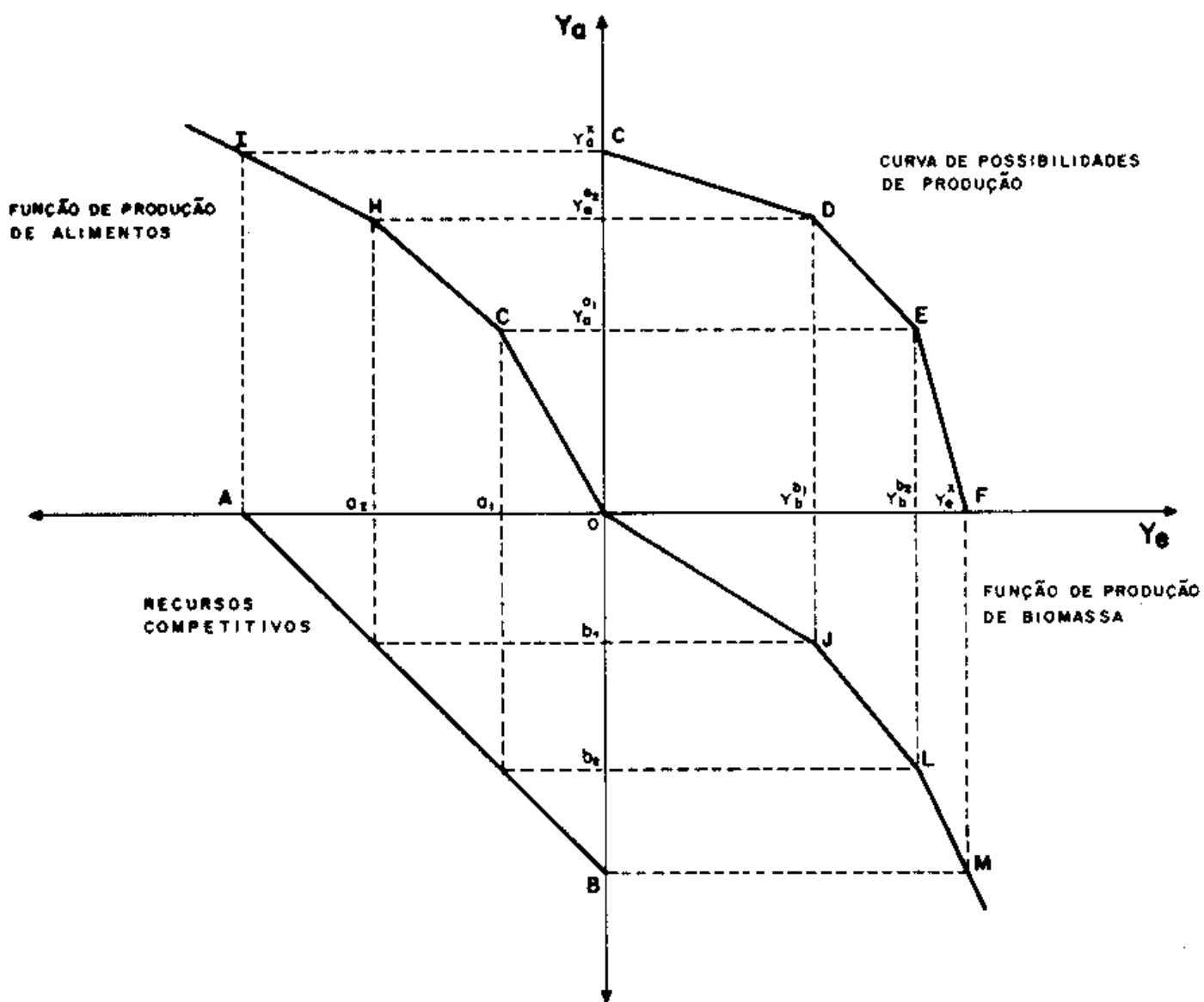


FIG. 2. DERIVAÇÃO DA CURVA DE POSSIBILIDADES DE PRODUÇÃO A PARTIR DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO DESCONTÍNUAS

Igualmente, e a exemplo da figura 1, a curva de possibilidade de produção CDEF, aqui representada, indica todas as combinações de alimentos e de biomassa que podem ser obtidas a partir de um determinado estoque de recursos competitivos e não-competitivos. Portanto, conforme enfatizado anteriormente, Y_a e Y_e competem pelo uso dos mesmos recursos e o custo de obtenção de uma unidade extra de biomassa está implicitamente representado pelo valor da unidade marginal de alimentos que deixou de ser produzida, ou simplesmente pelo seu custo de oportunidade.¹²

A combinação mais eficiente de alimentos e matérias-primas energéticas deverá recair sobre um dos pontos da curva de possibilidades de produção ou, mais precisamente, ao longo dos seus pontos extremos (BCD ou P), os quais determinam a "fronteira de possibilidades de produção". Definidos estes pontos e o objetivo a ser atingido (ex.: eficiência econômica máxima), pode-se, com o auxílio das técnicas de programação matemática usuais, determinar facilmente a melhor alternativa ou plano ótimo de produção.¹³ Também é possível obter, através das próprias rotinas do programa, estimativas da oferta¹⁴ e os valores imputados ou os preços dos recursos fixos ("shadow prices") utilizados na produção de alimentos e/ou energia.

Efetuados os ajustamentos, o modelo em apreço pode ser generalizado para m vetores de produção (atividades) e n fatores restritivos, e resolvidos simultaneamente através de um sistema de equações lineares, cuja estrutura e formulação convencional é: maximizar $Z = P'_y Y$, sujeito a: $AY \leq Q_0$, onde, A é uma matriz de ordem $m \times n$, representativa dos coeficientes técnicos de produção (relação fator/produto); P'_y e Y são vetores $n \times 1$, representando respectivamente os preços e as atividades; e finalmente Q_0 , um vetor de ordem $m \times 1$, representativo dos recursos ou restrições do problema.

¹² Também representado pela taxa de transformação de alimentos em biomassa, cujo valor é constante em cada segmento da curva de possibilidade de produção, mas decrescente em toda a sua amplitude.

¹³ Um dos mais comuns e de uso bastante generalizado é o método "simplex", conforme discutido e analisado por AGRAWAL e HEADY (1) pp. 44-78, e VERNON e NAYLOR (15) pp. 174-206.

¹⁴ Também definidas como funções de oferta normativa, as quais indicam o montante de produto a ser obtido, para cada nível de preço, e plano ótimo de produção. Para detalhes, veja: ANDERSEN e HEADY (3).

A formulação matemática definida acima pode ser continuamente elaborada, a fim de tornar o modelo ainda mais consistente com o problema e os objetivos em questão. Assim, ao invés de maximização de lucros, a função objetivo pode ser transformada ou convertida numa de bem-estar;¹⁵ ao mesmo tempo, o vetor Y pode ser decomposto em atividades de produção, consumo, distribuição, transporte, etc. Os resultados destas transformações terão, obviamente, algumas repercussões sobre a estrutura e operacionalidade do modelo proposto, mas, do ponto de vista estritamente técnico, tais dificuldades podem ser facilmente contornadas ou removidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, tentou-se caracterizar e indicar um tratamento analítico mais adequado para a solução do clássico problema de alocação de recursos na produção de alimentos e/ou de energia. Em princípio, ressalte-se que os métodos usuais utilizados na estimativa do potencial produtivo da biomassa energética são inadequados, pois partem de uma concepção errônea do problema. Em consequência disso, as previsões realizadas são bastante precárias, ora porque se restringem a meras projeções das condições prevalentes no passado, ora porque levam em conta simples indicadores físicos, como os índices de aptidão edafo-climática.

A seleção e determinação de prioridades para o setor alimentar ou energético constituem essencialmente um problema econômico e, como tal, não se pode ignorar a possibilidade de usos alternativos dos recursos escassos, em especial aqueles competitivos. Esta caracterização parece bem nítida com a apresentação e análise do modelo produto/produto, onde se vê claramente a interdependência da produção de energia e de alimentos. Para a sociedade como um todo, o custo de produzir uma unidade extra de energia é equivalente ao valor da produção marginal de alimentos que não foi realizada.

O montante de cada recurso e o nível ótimo de produção de alimentos e de energia podem ser facilmente determinados através dos métodos de programação matemática convencionais, como a programação linear. Referida técnica é, de fato, uma aproximação realista e operacional do modelo produto/produto apresentado, vez que se ajusta perfeitamente à solução de problemas de maximização condicionada, envolvendo funções de produção descontínuas e não-diferenciáveis. Além do seu fácil manuseio e adequação, a técnica

¹⁵ Ressalte-se que as funções de bem-estar, comumente obtidas a partir do conceito de excedente do consumidor, são quadráticas, mas mesmo neste caso é possível linearizá-las e obter razoáveis aproximações.

de programação linear possibilita a derivação de curvas de oferta, determinação dos níveis de produção e lucratividade máxima (ou bem-estar), bem como dos preços imputados ("shadow prices"), dos recursos fixos utilizados na produção de energia ou de alimento.

Ressalte-se que, além dos problemas de especificação, agregação e grau de diferencialidade, a grande limitação das funções de produção que deram origem ao modelo produto/produto aqui apresentado é serem essencialmente estáticas, ou seja, ambas pressupõem que a tecnologia é constante e, portanto, admite implicitamente que não há deslocamentos da fronteira de possibilidades de produção. Contudo, sua aproximação através de programação linear permite simularem-se deslocamentos nas funções de produção e, conseqüentemente, na curva de possibilidades de produção, via modificações nas relações fator/produto, ou nos coeficientes tecnológicos de produção. Trata-se, conforme se vê, de mais um subproduto da técnica de programação linear, cujas características e vantagens operacionais sobrepujam todas e quaisquer deficiências ou limitações.

Por fim, ressalte-se que os métodos tradicionais de estimativa da produção e oferta de matérias-primas energéticas não devem ser totalmente descartados, em especial, os índices de aptidão edafo-climáticos, os quais deverão formar o vetor de restrições do modelo de programação linear. Tratando-se de indicadores meramente físicos, os índices de aptidão edafo-climáticos não são conclusivos, mas são absolutamente necessários à especificação e solução do modelo proposto.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AGRAWAL, R. C. e HEADY, E. O. "Operations Research Methods for Agricultural Decisions". The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA 1972, pp. 1-77.
- (2) ALBUQUERQUE, J. L. "O Programa Nacional do Alcool e Suas Perspectivas para o Nordeste". I Simpósio Sobre a Produção de Alcool no Nordeste, patrocinado pelo MINTER/SEPLAN/SUDENE/BNB. Fortaleza-CE, Agosto 1979, pp. 35-65.
- (3) ANDERSEN, J. C. e HEADY, E. O. Normative Supply Functions and Optimum Farm Plans for Northeastern Iowa. Research Bulletin Nº 537. The Iowa State University. Ames, Iowa, June 1965, pp. 427-463.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFORMA AGRÁRIA (ABRA). Reforma Agrária. Ano X, jan/fev. 1980, Nº 1, 60 p.
- (5) BAUMOL, W. J. "Economic Theory and Operations Analysis". Prentice-Hall, Inc. Sec. and Edition, New Jersey, 1965, pp. 270-294.
- (6) BERINGER, C. "Problems of Finding a Method to Estimate Marginal Value Productivities for Input and Investment Categories on Multiple-Enterprise Farms". In: Resource Productivity Returns to Scale and Farm Size. The Iowa State College Press. Ames, Iowa, USA 1956, pp. 106-113.
- (7) BUENO, R. "PROÁLCOOL: Rumo ao Desastre". Ed. Vozes Ltda. Petrópolis-RJ, 1980, pp. 1-70.
- (8) DIRIGENTE RURAL. "O Programa Nacional do Alcool em Fase Decisiva-Lavoura". Março 1980, pp. 11-15.
- (9) GOMES, J. B. "O PROÁLCOOL Discrimina os Menos Desenvolvidos". Rumos do Desenvolvimento. Ano 4, Nº 23, mar/jun, 1980, pp. 16-18.

- (10) GUILHON, C. V. "A Agricultura e a Crise Energética" **Energia**. Ano 1979, Vol. 1, nov/dez 1979, Nº 5, pp. 13-17.
- (11) HOLANDA, N. C. "Efeitos Sócio-econômicos do Programa Nacional do Alcool". I Simpósio Sobre a Produção de Alcool no Nordeste, patrocinado pelo MINTER/SEPLAN/SUDENE/BNB. Fortaleza-CE., Agosto 1979, pp. 17-34.
- (12) HOMEM de MELO, F. B. "A Crise Energética e o Setor Agrícola no Brasil". XVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Rural. Rio de Janeiro-RJ, Jul 1980, 26p. (mimeografado).
- (13) JOHNSON, G. L. "Classification and Accounting Problems in Fitting Production Functions to Farm Record and Surveys Data". In: **Resource Productivity Returns to Scale and Farm Size**. The Iowa State College Press. Ames, Iowa, USA, 1956, pp. 90-96.
- (14) REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. "III Plano Nacional de Desenvolvimento 1980/85 – Projeto". Brasília-DF, Set 1979, 97p.
- (15) VERNON, J. M. e NAYLOR, T. H. "Microeconomic and Decision Models of the Firm". The Harbrace Series in Business and Economics, New York, 1969, 482p.

Abstract: This study emphasizes the role of agriculture as an alternative source of energy as well as the classical trade-offs between land uses for energy and food production. Some of the conventional approaches to the study of energy production by the agricultural sector are criticized because they ignore the key issue of the alternative use of scarce resources for the production of food and biomass. Finally it suggests a different conceptual framework that can be used to evaluate the potential use of agriculture resources in the production and distribution of food, fiber and energy in the Northeast of Brazil.

