

*NOTAS E COMENTÁRIOS*  
**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA SIMPLIFICAÇÃO  
DO PACTA (PROGRAMA DE AVALIAÇÃO  
COMPARATIVA DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS)<sup>1</sup>**

*Yoichio Kugizaki<sup>2</sup>*

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia mais simples do que o PACTA (Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A metodologia proposta aplica o teorema de Taylor para obter a média e variância da margem bruta, e utiliza o critério de simetria de Hanoch & Levy (1970) para comparação de tecnologias alternativas sob condições de risco.

**Palavras-chave:** Risco, variância, simetria.

**ABSTRACT** - The purpose of this paper is to propose a simpler methodology than the PACTA (a computer program for comparison of the alternative technologies under risk, developed by the Brazilian Agricultural Research Organization. The proposed methodology applies Taylor's theorem to obtain the mean and variance of gross margins and employs Hanoch & Levy's (1970) symmetric rule for comparison of the alternative technologies under risk.

**Key words:** Risk, variance, symmetry.

## **INTRODUÇÃO**

O Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas (PACTA) que foi desenvolvido, em 1980, pelo Departamento de Diretrizes e Métodos de Planejamento (DDM) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), tem se apresentado, reconhecidamente, como um instrumento analítico valioso para o processo de tomada de decisões, relativo ao setor agrícola (Da Cruz 1980). Este é um programa de computador que utiliza o método de Monte Carlo para comparar as alternativas tecnológicas, sob condições de risco.

O método de Monte Carlo é um processo de simulação em que a função é calculada todas as vezes que cada variável assume os valores aleatórios, dentro dos limites estabelecidos. Após a repetição deste processo, o melhor resultado obtido constitui a solução do problema. Desta maneira, o método de Monte Carlo é geralmente trabalhoso e os resultados obtidos são aproximados. Por estas razões, o uso de computador eletrônico é freqüente na utilização deste método.

O objetivo do presente trabalho é propor uma metodologia bastante simples, que pode substituir o método de Monte Carlo na solução deste problema. Este

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 25 de fevereiro de 1982.

<sup>2</sup> Econ. Rural, M.S., Pesquisador da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA - (EMBRAPA), Caixa Postal 3391 - CEP 29000 - Vitória, ES.

processo não necessita do uso de computador eletrônico, servindo como uma alternativa para o atual PACTA.

## **METODOLOGIA PROPOSTA**

### **Definição de margem bruta**

A presente metodologia compara e classifica as alternativas tecnológicas, do ponto de vista de rentabilidade e risco.

Assim, como no caso do PACTA (Da Cruz 1980), a rentabilidade de cada tecnologia é mensurada pela margem bruta, conforme a seguinte fórmula:

$$Z = XY - c_1 Y - c_2$$

onde:  $Z$  = margem bruta;  $X$  = preço do produto;  $Y$  = rendimento;  $c_1$  = custos que variam conforme o rendimento;  $c_2$  = outros custos.

Sendo  $c_1$  e  $c_2$  definidos como constantes,  $Z$  é uma variável aleatória bidimensional que varia em função de duas variáveis com grau de independência  $f(4/X)$ :  $A f(Y)$ .

### **Hipóteses**

As hipóteses utilizadas pelo PACTA e mantidas na presente metodologia são as seguintes:

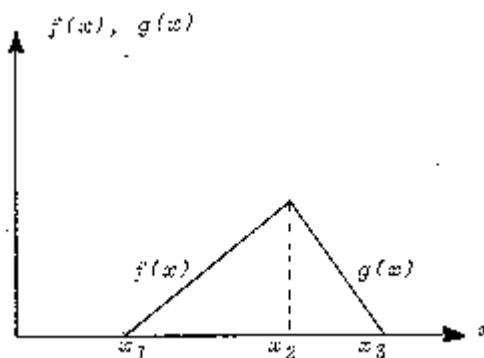
1. a função de utilidade do tomador de decisão é quadrática, mas não especificada;
2. a função de distribuição de probabilidade de margem bruta é simétrica.

A adoção destas hipóteses foi justificada pelo estudo de Porto et al. (1981), embora a primeira hipótese possua certas limitações teóricas (Da Cruz 1979, Dillon 1971, Hanoch & Levy 1970).

### **Médias e variâncias de preço e rendimento**

No caso em que não se dispõe dos valores de médias e variâncias (ou desvios padrão) do preço do produto e rendimento, seus valores são calculados através das funções de distribuição de probabilidade que assimilam melhor as informações existentes em relação aos mesmos. Neste caso, a sua função pode ser escolhida entre as seguintes mais comuns: distribuição triangular assimétrica, triangular simétrica, uniforme e valor constante.

A Fig. 1 apresenta a forma genérica da função de distribuição triangular assimétrica, na qual  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  são, respectivamente, limite inferior, moda e limite superior.



**FIG. 1. Função de distribuição triangular assimétrica na forma genérica.**

A sua função de distribuição acumulada pode ser expressa por:

$$F(x) = \int f(x)dx = px^2 + qx + r \quad (x_1 \leq x \leq x_2)$$

$$G(x) = \int g(x)dx = sx^2 + tx + u \quad (x_2 \leq x \leq x_3)$$

onde p, q, r, s, t e u são os coeficientes de funções. Os seus valores são obtidos pelas seguintes equações:

$$F(x_1) = x_1^2 p + x_1 q + r = 0$$

$$f(x_1) = 2 x_1 p + q = 0$$

$$F(x_2) = x_2^2 p + x_2 q + r = G(x_2) = x_2^2 s + x_2 t + u$$

$$f(x_2) = 2 x_2 p + q = g(x_2) = 2 x_2 s + t$$

$$G(x_3) = x_3^2 s + x_3 t + u = 1$$

$$g(x_3) = 2 x_3 s + t = 0$$

Resolvendo as equações acima, obtém-se:

$$f(x) = \frac{2(x - x_1)}{(x_2 - x_1)(x_3 - x_1)} \quad (x_1 \leq x \leq x_2)$$

$$g(x) = \frac{-2(x - x_3)}{(x_3 - x_2)(x_3 - x_1)} \quad (x_2 \leq x \leq x_3)$$

Portanto, a média e variância são:

$$E(X) = \int_{x_1}^{x_2} x f(x) dx + \int_{x_2}^{x_3} x g(x) dx$$

$$= \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

$$V(X) = E(X^2) - [E(X)]^2$$

$$= \int_{x_1}^{x_2} x^2 f(x) dx + \int_{x_2}^{x_3} x^2 g(x) dx - \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

$$= \frac{1}{18} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - x_1 x_2 - x_2 x_3 - x_2 x_3 - x_3 x_1)$$

Quando  $x_2 - x_1 = x_3 - x_2$ , obtém-se a média e variância da distribuição triangular simétrica:

$$E(X) = x_2$$

$$V(X) = \frac{(x_2 - x_1)^2}{6}$$

A Fig. 2 apresenta a função de distribuição uniforme, no intervalo entre  $x_1$  e  $x_2$  ( $x_1 < x_2$ ).

Expressando-se a sua função de distribuição da probabilidade por  $f(x) = c$  (constante), tem-se:

$$F(x) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = c(x_2 - x_1) = 1$$

$$\therefore c = \frac{1}{x_2 - x_1}, \quad f(x) = \frac{1}{x_2 - x_1}$$

Logo, a média e variância são:

$$E(X) = \int_{x_1}^{x_2} x^2 f(x) dx = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

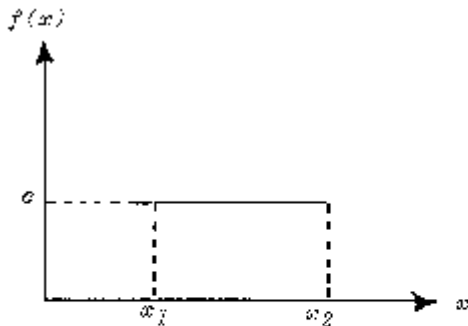


FIG. 2. Função de distribuição uniforme.

Expressando-se a sua função de distribuição da probabilidade por  $f(x) = c$  (constante), tem-se:

$$F(x) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = c(x_2 - x_1) = 1$$

$$\therefore c = \frac{1}{x_2 - x_1}, \quad f(x) = \frac{1}{x_2 - x_1}$$

Logo, a média e variância são:

$$E(X) = \int_{x_1}^{x_2} x f(x) dx = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$V(X) = \int_{x_1}^{x_2} x^2 f(x) dx - \left( \frac{x_1 + x_2}{2} \right)^2 = \frac{(x_2 - x_1)^2}{12}$$

$$V(X) = \int_{x_1}^{x_2} x^2 f(x) dx - \left( \frac{x_1 + x_2}{2} \right)^2$$

$$= \frac{(x_2 - x_1)^2}{12}$$

Quando  $x_2 = x_1$ , a distribuição uniforme transforma-se num valor constante, e a sua média e variância são:

$$E(X) = x_1$$

$$V(X) = 0$$

### **Média e variância de margem bruta**

Conforme a definição estabelecida, a margem bruta é função de duas variáveis, preço e rendimento. Portanto, a sua função de distribuição de probabilidade é obtida através das funções de distribuição de probabilidade de preço e rendimento.

Mas, de modo geral, a sua obtenção é trabalhosa e o PACTA adota o processo de simulação, utilizando o computador eletrónico. O método manual frequentemente utilizado é a introdução de uma segunda variável aleatória. Seus detalhes podem ser encontrados no estudo de Meyer (1973).

Entretanto, para fazer a comparação de alternativas tecnológicas, utilizando o critério de simetria de Hanoch & Levy (1970), não há necessidade de obter primeiro a função de distribuição de probabilidade de margem bruta. Basta conhecer a sua média e variância.

Desenvolvendo-se a função de distribuição de probabilidade de margem bruta em série de Taylor, próximo dos valores médios de preço e rendimento (Meyer 1973), obtém-se:

$$E(Z) = [E(X) - c_1] E(Y) - c_2 \quad (1)$$

$$V(Z) = [E(Y)]^2 V(X) - [E(X) - c_1]^2 V(Y) \quad (2)$$

Deve-se observar que estes valores não são aproximados, já que as derivadas parciais de margem bruta, acima de segundo grau, são iguais a zero.

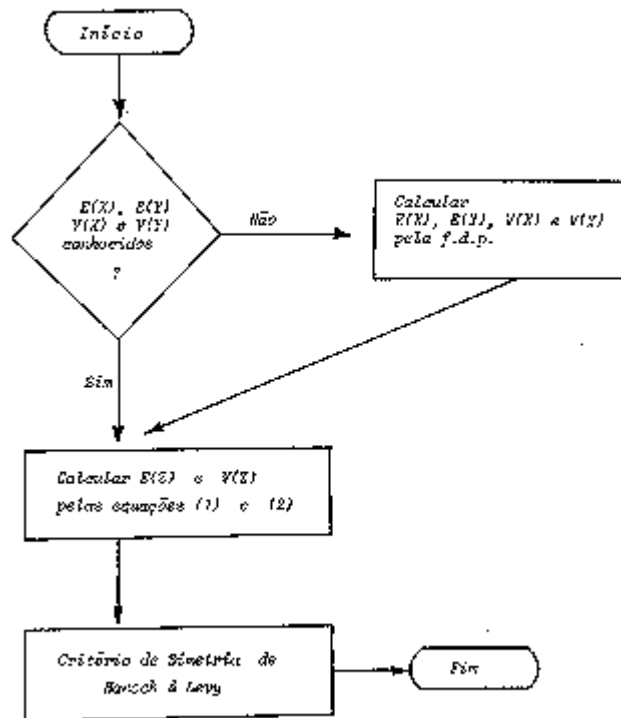
### **Critério de simetria de Hanoch & Levy (1970)**

Dadas duas alternativas tecnológicas, por exemplo, 1 e 2, com as médias e variâncias de suas margens brutas,  $E(Z_1)$ ,  $E(Z_2)$ ,  $V(Z_1)$  e  $V(Z_2)$ , o critério de simetria de Hanoch & Levy (1970) assegura a dominância da tecnologia 1 sobre a 2, quando  $E(Z_1) > E(Z_2)$  e  $V(Z_1) < V(Z_2)$ . Quando  $E(Z_1) > E(Z_2)$  e  $V(Z_1) > V(Z_2)$ , para a dominância da tecnologia 1 sobre a 2, a seguinte condição é suficiente:

$$2 [E(Z_1) - E(Z_2)] \sqrt{V(Z_1) + [E(Z_1) - E(Z_2)]^2} - [V(Z_1) - V(Z_2)] > 0$$

### Fluxograma de avaliação comparativa de alternativas tecnológicas

A fig. 3 apresenta o fluxograma de avaliação comparativa de alternativas tecnológicas, pelos métodos propostos no presente trabalho.



**FIG. 3. Fluxograma de avaliação comparativa de alternativas tecnológicas pela metodologia proposta.**

O primeiro passo é saber se os valores de médias e variâncias de preço e rendimento de alternativas tecnológicas, em comparação, estão disponíveis ou não. No caso negativo, seus valores são calculados após a escolha da função de distribuição de probabilidade, que assimila melhor as informações existentes a respeito deles.

O segundo passo é calcular os valores de média e variância de margem bruta de cada tecnologia, através das equações (1) e (2).

Tendo os valores de média e variância de cada tecnologia, as comparações de alternativas tecnológicas são feitas duas a duas, obedecendo ao critério de simetria de Hanoch & Levy (1970).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DA CRUZ, E.R. **On the determination of priorities for agricultural research under risk.** London, Wye College, University of London, 325p. 1979. (Tese de Ph.D.).
- DA CRUZ, E.R. **PACTA - Programa de avaliação comparativa de tecnologia alternativas - Guia de usuário.** Brasília, DDM-EMBRAPA, 7p. 1980. (mimeografado).
- DILLON, J.L. An expository review of bernoullian decision theory in agriculture. **Review of Marketing and Agricultural Economics**, **39**(1):3-80, Mar. 1971.
- HANOCH, G. & LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. **Journal of Business**, **43**(2):181-9, 1970.
- MEYER, P.O. **Probabilidade aplicações à estatística**, Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S.A., 391p. 1973.
- PORTO, V.H.F. et al. Metodologia para incorporação de risco em modelos de decisão usados na análise comparativa entre alternativas: o caso da cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 19. Olinda, 1981. **Anais...** 25p.