

# IMPORTÂNCIA DAS ATITUDES DOS AGRICULTORES AO RISCO DE DECISÕES DE PRODUÇÃO

---

Elmar Rodrigues da Cruz(\*)

## SINOPSE

O tema principal deste trabalho é mostrar que risco não deve ser tomado como o único fator que explica as discrepâncias entre os níveis economicamente ótimos de insumos e os níveis realmente usados. Após a apresentação do modelo conceitual, é introduzido o conceito de função de resposta esperada, estimada através de uma abordagem subjetiva, a qual permite estimar-se para cada agricultor da amostra os níveis economicamente ótimos de fertilizantes, que são então comparados com os níveis realmente usados. Conclui-se que as discrepâncias resultantes destas comparações não são adequadamente explicadas pelo fator risco, e sugere-se então a possibilidade de outros fatores estarem presentes nas tomadas de decisões dos agricultores.

## SUMMARY

The main thrust of this paper is to show that risk alone may not explain the discrepancies between the economic optimum input levels and the actual levels. After the presentation of the methodology, the concept of expected response function is introduced, from a subjective point-of-view. This concept enables the estimation, for each farmer in the sample, of the economic optimum input levels which are then compared with the actual levels. The main conclusion is that discrepancies stemming from these comparisons are not properly explained by the factor risk. The possibility of other factors affecting decision making is then suggested.

---

(\*) DDMP – EMBRAPA. Este trabalho foi feito durante a estada do autor na Universidade de Londres (Wye College), com agradecimentos ao Dr. J.P.G. Webster por seus comentários.

# IMPORTÂNCIA DAS ATITUDES DOS AGRICULTORES AO RISCO DE DECISÕES DE PRODUÇÃO

---

Elmar Rodrigues da Cruz

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Ultimamente, os economistas rurais têm dado atenção cada vez maior aos aspectos empíricos das tomadas de decisões sob risco pelos agricultores nos países desenvolvidos (27, 48, 3, 43 e 17) e em desenvolvimento (35, 53, 12, 41, 36 e 6). Esses estudos abrangeram áreas desde a oferta agrícola agregada à alocação de insumos dentro de uma fazenda isolada. Dedicou-se uma atenção especial ao desenvolvimento teórico das decisões de produção sob risco, onde a igualdade entre o valor marginal do produto (MVP)<sup>1/</sup> e o custo marginal do fator (MFC) é um caso especial (34, 39, 7, 22, 28, 2 e 54). A maioria dos trabalhos parece indicar que o risco é uma causa principal de discrepâncias entre o MVP e o MFC. Em um recente artigo, MOSCARDI & DE JANVRY (36) derivaram uma medida de aversão ao risco baseada no princípio de segurança-primeiro ("safety-first") e nas discrepâncias entre os níveis de fertilizante realmente usados e os níveis ótimos econômicos. Nas suas conclusões, alegaram que "a aversão ao risco é realmente responsável por uma diferença substancial entre a demanda para fertilizantes sem risco e a demanda realmente ocorrida".

O propósito do presente trabalho é o de colocar uma advertência ao debate. A hipótese geral deste estudo é de que o risco sozinho não é bastante para explicar as discrepâncias entre os níveis ótimos de fertilizantes e os níveis realmente usados, e, portanto, chegar a conclusões sobre atitudes de risco simplesmente com base nestas discrepâncias provavelmente conduzirá a um erro. A abordagem do presente trabalho é o de derivar uma metodologia para quantificar, para cada tomador de decisão individual, diferenças entre os níveis de insumos com e sem risco. Esta abordagem é então aplicada a uma amostra de agricultores no Estado de Goiás. A diferença prognosticada pelo modelo será então comparada com a diferença que realmente ocorreu. A intenção será a de se determinar quão importante será o risco na explicação do comportamento dos agricultores. Finalmente, médias amostrais de algumas variáveis, que poderiam afetar tomada de decisões, serão comparadas numa tentativa de se obterem informações adicionais sobre o comportamento dos agricultores na região de estudo.

---

1/ PALAVRAS-CHAVE: MVP = valor marginal do produto; MFC = custo marginal do fator; U = função de utilidade; RSU = taxa de substituição em utilidade; MEP = produto marginal esperado; MIR = incremento marginal ao risco; CRA = coeficiente de aversão ao risco; função de resposta esperada e função de risco dos rendimentos (culturais).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Decisões de Insumos Sob Risco

A literatura tem apresentado diversas versões generalizadas (produtos múltiplos e diversos insumos) de decisões de insumos sob risco, como em (39,7 e 27). Uma vez que os resultados apresentados neste trabalho relacionam riscos de um único insumo (fertilizante) sobre um único produto (arroz), o modelo será, conseqüentemente, simplificado nos moldes de (11, cap. 4). O risco será tratado dentro do contexto Bernouliano, conforme foi apresentado por VON NEUMANN & MORGENTERN (50) e ROUMASSET (42), em termos da maximização da utilidade esperada.

Considere-se uma função de utilidade  $U(\pi)$ , onde  $\pi$  seja a renda líquida. Utilizando-se da expansão da série de Taylor de  $U(\pi)$ , sobre a média  $E(\pi)$  e observando-se que  $U(\pi) = E\{U(\pi)\}$  sob teorema de utilidade esperada, pode-se aproximar  $U(\pi)$ , em termos dos seus primeiros dois momentos (11, p. 26)<sup>2/</sup>:

$$U(\pi) = U\{E(\pi)\} + (1/2)\{U_2E(\pi)\}V(\pi) \quad (I)$$

onde  $V(\pi)$  é a variância da renda líquida e  $U_2$  é a segunda derivada de  $U(\pi)$  com relação a  $\pi$ . É feita, portanto, a hipótese usual de que  $U(\pi)$  tem uma segunda derivada finita  $U_2$  para o intervalo relevante de  $\pi$  e  $U_1$  é positiva e contínua em todo o campo da função. As variáveis de decisão do problema são os níveis de insumos  $X_i$ , notando que:

$$E(\pi) = E(P_Y)E(Y) - \sum_{i=1}^K X_i P_i - F \quad (II)$$

$$V(\pi) = E\{(P_Y)\}^2 V(Y) + \{E(Y)\}^2 V(P_Y) + V(P_Y)V(Y) \quad (III)$$

onde:

$$E(Y) = f(X_1, X_2 \dots X_k);$$

$$P_i = \text{Preços de insumos, supondo-se dados na época da decisão. } i=1 \dots k;$$

$$E(P_Y) = \text{Preço esperado do produto};$$

$$X_i = \text{Insumos } i = 1 \dots k;$$

$$F = \text{Custos fixos};$$

---

2/ O uso de momentos mais altos não tem sido justificado na literatura empírica. A justificativa do uso de somente médias e variância pode ser encontrada em muitas referências, e.g., DILLON & SCANDIZZO (12) e SIMMONS & POMAREDA (46).

$V(Y) =$  Variância de  $Y$ ;

$V(P_Y) =$  Variância de  $P_Y$ ;

a maximização de (I) com respeito a  $X_i$  pode ser calculada (11). Tomando-se a diferencial total de (I) e arranjando-se os termos, tem-se:

$$-\left\{\frac{\partial U}{\partial V(\Pi)}\right\} / \left\{\frac{\partial U}{\partial E(\Pi)}\right\} = \left\{\frac{\partial E(\Pi)}{\partial X_i}\right\} / \left\{\frac{\partial V(\Pi)}{\partial X_i}\right\} \quad (IV)$$

O lado direito de (IV) tem sido referido como a taxa de substituição em utilidade (RSU) de  $E(\Pi)$  para  $V(\Pi)$  (11, p. 113). Sob a aversão ao risco a RSU será positiva; assim, um aumento na variância de lucro deverá ser compensada por um aumento em  $E(\Pi)$ , a fim de que o mesmo nível de utilidade seja assegurado, conforme fica implícito pela diferencial total de  $U(\Pi)$  em (II). A neutralidade ao risco implica em  $RSU = 0$ , i.e., aumentos em  $V(\Pi)$  com  $E(\Pi)$  constante não afetam o nível de utilidade. Caso a RSU seja negativa, então o tomador de decisão será um preferidor ao risco e mais  $V(\Pi)$  será compensado por menos  $E(\Pi)$  para manter sua utilidade constante.

Substituindo-se (II) e (III) em (I) e reagrupando-se os termos, ver-se-á que o resultado clássico  $MVP = MFC$  pode ser expresso sob risco como:

$$P_i = E(P_Y)MEP_i - RSU \left\{ (E(P_Y))^2 + V(P_Y) \right\} MIR_i + 2V(P_Y)E(Y)MEP_i \quad (V)$$

onde:

$MEP_i = \left\{ \frac{\partial E(Y)}{\partial X_i} \right\} =$  produto marginal esperado do insumo  $X_i$ ;

$MIR_i = \left\{ \frac{\partial V(Y)}{\partial X_i} \right\} =$  incremento marginal ao risco do insumo  $X_i$ .

Caso a  $RSU = 0$ , então, (V) torna-se o resultado sem risco convencional, uma vez que o segundo termo do lado direito desaparece. A interpretação de (V) é simples. ANDERSON et al. (2) e HAZELL & SCANDIZZO (22) sugerem que os agricultores que são aversos ao risco necessitam que  $E(P_Y)MEP_i$  seja maior do que  $P_i$ , como uma compensação pela tomada de risco.

Contudo, há autores (11 e 27) que reconhecem o fato de que alguns agricultores aversos ao risco podem utilizar certos insumos (e.g., inseticidas e pesticidas) além do ponto ótimo econômico, a fim de ter o risco da produção reduzido. Ha hipótese de que a RSU seja positiva para os agricultores aversos ao risco (veja-se equação (V)), então o  $MIR_i$  será negativo, caso maiores níveis de insumos diminuam a variância dos rendimentos. Isto implica em que  $E(P_Y)MEP_i < P_i$  e, portanto, o valor do produto marginal esperado será menor que o preço dos insumos, devido à superutilização de um determinado insumo. Caso um determinado agricultor acredite que utilizando um dado insumo além do nível economicamente ótimo reduza o risco de rendimentos, ele assim seria considerado, por engano, como um preferidor ao risco através de métodos indiretos de mensuração de riscos, tais como aqueles relatados por WOLGIN (55), ou como neutro ao risco através do procedimento truncado, esboçado por MOSCARDI e DE JANVRY (36).

A solução empírica da equação (V) para um determinado insumo exige: i) a estimação de uma função de resposta, a fim de que MEP seja calculado; ii) uma função de riscos de rendimento que fornecerá o MIR; e iii) a RSU do tomador de decisões, mais, naturalmente, os preços de insumos e do produto. Porém, antes de se prosseguir com a análise empírica, será necessário fazer-se uma avaliação da metodologia na estimação da RSU e das funções de resposta e risco de rendimento.

## 2.2 Perigos na Estimação Indireta de RSU

Quando não houver informação disponível sobre as funções de utilidade dos agricultores individuais, então a RSU somente poderá ser obtida residualmente a partir de (V):

$$RSU = \frac{1}{\gamma} (E(P_Y)MEP_i - P_i) \quad (VI)$$

onde:

$$\gamma = ((E(P_Y))^2 + V(P_Y))MIR_i + 2V(P_Y)E(Y)MEP_i \quad (VII)$$

(VI) Implica no conhecimento de uma função de risco de rendimento e uma função de resposta, de modo que  $MIR_i$  e  $MEP_i$  possam ser, respectivamente, encontradas.

MOSCARDI & DE JANVRY (36) adotaram uma hipótese de segurança primeiro e estimaram a RSU indiretamente, assumindo  $P_Y$  com certeza:

$$K = \frac{1}{\gamma} \left\{ 1 - \frac{P_i}{MVP_i} \right\} \quad (VIII)$$

onde:

$$MVP_i = P_Y \left\{ \frac{\partial Y}{\partial X} \right\} \quad (IX)$$

e 
$$\gamma = \left\{ V(Y) \right\}^{\frac{1}{2}} / E(Y)$$

Uma vez que  $\gamma$  é o coeficiente de variação dos rendimentos culturais, tudo de que se necessita para estimar  $K$  é uma amostra (e.g., um corte seccional) de rendimentos em uma dada região, a fim de que seu coeficiente de variação possa ser encontrado, mais uma função de produção que permita o cálculo do MEP de um dado insumo  $X$ , dependendo, naturalmente, de um dado conjunto de  $P_i$  e  $P_Y$ .

Embora a abordagem indireta para se medir a RSU possa parecer simples, o fato de que ela é obtida como um resíduo, torna-a de relevância duvidosa. Rigorosamente falando, (V) deverá incluir um termo residual  $U_i$ , onde  $U_i$  é responsável por outros fatores ou variáveis que explicam as discrepâncias entre MFC e MVP além de risco. Há outras razões (psicológicas e físicas) pelas quais os agricultores não equacionam, ou não podem equacionar, MFC e MVP para um dado insumo e existe uma extensa literatura nesta área. São os seguintes alguns dos possíveis fatores:

- 1) Custos em se adquirir e processar informação (sobre como equacionar MVP e MFC);
- 2) Estrutura de posse da terra;
- 3) Informações imperfeitas ou distorcidas;
- 4) Restrição à disponibilidade de crédito ou insumos;
- 5) Persistência de hábitos<sup>3/</sup>;
- 6) Falta de confiança nas recomendações da extensão rural.

Enquanto MOSCARDI & DE JANVRY (36), por exemplo, reconhecem em seu artigo que os resultados presumem que o modelo "especifica corretamente o processo de tomada de decisão dos camponeses", deverá ser enfatizado que uma RSU indiretamente obtida poderá ser distorcida, caso as discrepâncias entre os níveis de insumos realmente usados e os níveis economicamente ótimos sejam devidos a fatores outros que não o risco. A não ser que, em média, eles se cancelem uns aos outros, a RSU ficará isenta de distorções somente se estes fatores forem explicitamente incorporados em (V). Devido às dificuldades óbvias em se quantificar estes fatores, toda a RSU indiretamente estimada poderá superestimar ou subestimar o efeito de risco sobre as decisões dos agricultores.

Conseqüentemente, até que se possa ter um maior conhecimento do efeito de risco sobre as decisões dos agricultores, é preferível abordar-se o problema diretamente, tentando estimar a RSU através do uso da função de utilidade dos agricultores individuais.

### 2.3 A Escolha da Função de Utilidade e a Especificação da RSU

Uma outra questão, a qual será tratada neste ponto, refere-se à escolha da função de utilidade para o cálculo da RSU. Uma vez que a RSU em (V) origina-se de (I), no qual a expansão da série de Taylor exige as derivadas da função de utilidade original, fica claro que a própria RSU depende da forma algébrica da função de utilidade, a qual poderia impor restrições às hipóteses adotadas.

As funções de utilidade que receberam maior atenção na literatura empírica das decisões agrícolas sob risco são: i) exponencial (16, 53 e 5); ii) quadrática (15, 32, 37 e 52); e iii) logarítmica (54).

A função de utilidade exponencial<sup>4/</sup> da forma:

$$U_E(\Pi) = K - \theta \exp(-\lambda \Pi) \quad \lambda, K, \theta > 0 \quad (X)$$

3/ O termo persistência de hábitos foi popularizado por BROWN (4) no contexto da teoria do consumidor e mais tarde usado na literatura de retardamentos distribuídos, e.g., GRILICHES (18) e HOUTHAKKER & TAYLOR (26).

4/ Subscritos de U(.) indicam sua especificação algébrica. Neste caso, E quer dizer exponencial.

é muito conveniente, pois o coeficiente exponencial de aversão ao risco (ECRA) é expresso como uma constante (40) da forma:

$$ECRA = U_2(\Pi)/U_1(\Pi) = \lambda \quad (XI)$$

conseqüentemente, a comparação entre os coeficientes de aversão ao risco para os diferentes agricultores pode ser facilmente feita. Além do mais, a RSU exponencial (ERSU), originando-se de (X) é também uma constante (para derivação, vide anexo 1):

$$ERSU = \frac{\partial E(\Pi)}{\partial V(\Pi)} = \frac{\lambda}{2} \quad (XII)$$

Sob a especificação quadrática, a função de utilidade poderá ser expressa da seguinte forma:

$$U_Q(\Pi) = a\Pi + b\Pi^2 \quad (XIII)$$

e o coeficiente quadrático da aversão ao risco (QCRA) será (10):

$$QCRA = -2b/(a+2b\Pi) \quad (XIV)$$

Desta forma, o QCRA varia para cada nível de  $\Pi$  e, assim, para comparar-se o QCRA de diferentes agricultores devem-se escolher os níveis de  $\Pi$  para os agricultores que, provavelmente, terão uma variedade de características de renda. Observe-se que (XIV) implica na aversão absoluta crescente ao risco pelos tomadores de decisão ( $b < 0$ ) (40).

A RSU quadrática (QRSU) (10, p. 29) é expressa da seguinte maneira:

$$QRSU = -b/\{a+2bE(\Pi)\} \quad (XV)$$

Já a função de utilidade logarítmica da forma:

$$U_L(\Pi) = 1/n(\Pi) \quad (XVI)$$

é uma especificação algébrica muito conveniente, uma vez que ela apresenta a propriedade desejável da aversão absoluta decrescente ao risco. O coeficiente logarítmico de aversão ao risco (LCRA) será assim expresso:

$$LCRA = L/\Pi \quad (XVII)$$

Porém, LOISTL (33) indicou que a aplicação da expansão da série de Taylor em (16) restringe o argumento  $\Pi$  dentro do intervalo de convergência  $0 < \Pi < 2E(\Pi)$ . Este estreito intervalo de convergência impõe uma séria limitação ao uso da função de utilidade logarítmica. Conseqüentemente, esta especificação foi abandonada para a análise que segue.

## 2.4 Uma Abordagem Subjetiva para a Estimação da Função de Resposta

Tem havido na literatura uma preocupação cada vez maior sobre a habilidade dos dados históricos para reproduzir as expectativas dos agricultores acerca das variáveis chaves no processo da tomada de decisão, tais como rendimento e preço. ANDERSON et al. (2, p. 33) declaram que, "uma vez que os mercados estão modificando-se e novas variedades e doenças estão freqüentemente emergindo, os dados históricos disponíveis podem ser de relevância duvidosa...". HILDRETH (23, p. 901) menciona, como um exemplo disto, o que ocorre com engorda do gado. LIN (31, p. 905) critica o uso de séries temporais para estimar o risco em estudos de resposta, considerando que "a abordagem positiva não poderá efetivamente explicar os efeitos de mudanças no meio ambiente da tomada de decisões".

Devido a estas dificuldades foi escolhida uma abordagem subjetiva, a qual envolve a elicitação de distribuições de probabilidade subjetiva, dentro do espírito de (47), (20) e (49).

A estimação de funções de resposta esperada, do ponto de vista subjetivo, utilizando-se um único insumo, poderá ser feita, basicamente, de duas maneiras:

a) tomando-se cada agricultor individualmente como em (XVIII), abaixo;

ou

b) utilizando-se uma abordagem agregada como em (XIX), abaixo.

Estas duas abordagens poderão ser explicadas tomando-se duas matrizes  $X$  e  $Y$  de observações, onde:

$X_{ij}$  é o  $j$ -ésimo nível de insumo  $j$  do agricultor  $i$

( $i = 1 \dots m$ ) e ( $j = 1 \dots n$ )

$Y_{ij}$  é o  $j$ -ésimo rendimento esperado do agricultor  $i$  correspondente a um dado nível de insumo  $X_{ij}$ .

Pela regressão do  $i$ -ésimo vetor ( $1 \times n$ ) de  $Y$  como o  $i$ -ésimo vetor ( $1 \times n$ ) de  $X$ , obtém-se função de resposta esperada para o agricultor  $i$  ( $i = 1 \dots m$ ):

$$E(Y_i) = f(X_i) \quad \text{(XVIII)}$$

Pela regressão de todas as ( $m \times n$ ) observações de  $Y$  sobre as ( $m \times n$ ) observações de  $X$ , obtém-se uma **função agregada de rendimento esperado** (corte seccional):

$$E(Y) = f(X) \quad \text{(XIX)}$$

A estimação de uma **função de risco do rendimento** é muito simples, em vista das informações disponíveis sobre as distribuições de probabilidade subjetiva dos



rendimentos, obtidas para cada agricultor. Com os dados do corte seccional sobre a variância dos rendimentos, torna-se possível a estimação de uma função de risco de rendimento,  $V(Y)$ , onde a variável dependente é uma matriz ( $m \times 1$ ),  $V(Y_E)$  espessando a variância dos rendimentos esperados de  $i = 1 \dots m$  agricultores e a variável independente é uma matriz ( $m \times 1$ )  $X_A$  contendo níveis de fertilizante usados pelos agricultores em um dado ano agrícola:

$$V(Y_E) = f(X_A) \quad (XX)$$

Observe-se que as críticas de POPE & JUST (39) sobre a impossibilidade das funções de produção convencionais em admitir risco decrescente não se aplicam nesta abordagem subjetiva, uma vez que (XX) é baseada em dados esperados por cada produtor.

Devido ao fato de que (XX) captura o risco percebido pelos agricultores, este conceito de função de risco dos rendimentos evita o problema de mensuração de riscos baseado em condições experimentais (4 e 36), uma vez que os agricultores possuem fontes de riscos adicionais em comparação ao pesquisador (38). Utilizando-se distribuições subjetivas de rendimento, evitam-se também problemas de utilização de dados históricos. Cada distribuição individual de rendimento origina-se da experiência do agricultor obtida através dos anos de prática e se relaciona com o que ele espera para a safra que se aproxima. Funções convencionais de rendimento de risco (usando séries temporais) freqüentemente exigem dados gerados durante um grande período de tempo, durante o qual mudanças consideráveis (e.g., em tecnologia) podem ter ocorrido, fazendo assim com que as observações anteriores tornem-se obsoletas do ponto de vista de se estimar a variância presente. Ajustando-se os rendimentos obtidos **ex-post** pelos agricultores contra os níveis de insumos é também inapropriado, uma vez que os agricultores decidem sobre os níveis de aplicação de fertilizantes com base nos rendimentos **esperados**, os quais podem diferir dos rendimentos obtidos **ex-post**. A fim de que se possa chegar a quaisquer conclusões acerca da preferência dos agricultores quanto à tomada de decisões sob riscos, será mais conveniente ter-se um conhecimento dos riscos conforme percebidos pelos agricultores e não pelos pesquisadores nas estações experimentais.

### 3. FONTES DE DADOS

#### 3.1 Produtores de Arroz no Planalto Central do Brasil

A construção de estradas e de outras infra-estruturas, nas últimas duas décadas, por toda a área central do Brasil, aproximou a agricultura tradicional existente a uma economia de mercado. O arroz, a mais importante lavoura do Brasil Central, é agora uma cultura comercial (44), embora ainda existam alguns produtores em regime de subsistência. Os resultados empíricos relatados neste estudo originam-se de entrevistas realizadas com agricultores da região de Rubiataba, no Estado de Goiás. O tamanho médio das fazendas dessa região é de cerca de 80 hectares, sendo crédito acessível porque cerca de 95% dos agricultores

são proprietários da terra e, desta forma, não podem ser classificados como camponeses. O arroz da região fornece, em média, cerca de 30% do rendimento agrícola<sup>5/</sup> e é a maior cultura da região, seguida por feijão e milho. São usadas normalmente variedades de arroz de longo ciclo (em torno de 150 dias) e a maior fonte de risco ao rendimento para os agricultores é a ocorrência de um ou mais “veranicos” durante a época de crescimento da planta. Veranico é o termo local para uma seca de curta duração (freqüentemente, em torno de 10 dias) durante a estação de chuvas.

Experimentos sugerem que perdas no rendimento podem ocorrer com até mesmo três dias de veranico no período crítico de 3 a 11 dias antes da floração (13) ou maturação dos grãos (29). Veranicos podem ocorrer diversas vezes durante o ciclo da cultura e em diferentes graus. Deste modo, os agricultores podem escolher diversas épocas de plantio, embora na região em estudo a maioria dos agricultores prefira o fim de novembro/início de dezembro como época de plantio e abril como período de colheita. Contudo, existem variações sobre o tempo destas operações e o resultado é que as perdas de um veranico não são igualmente distribuídas entre os agricultores.

O uso de fertilizante nesta região tornou-se largamente difundido apenas nos últimos cinco anos, a despeito do fato de ter o escritório da EMATER local defendido o uso de fertilizantes há muito mais tempo. O escritório de extensão rural local recomenda cerca de 140 kg/ha da mistura padronizada de fertilizantes (4-30-16+Zn) para os agricultores com amostras de solo que correspondem aos padrões típicos da região. Experimentos levados a efeito em diversos locais da região indicam que os rendimentos máximos são obtidos utilizando-se uma média equivalente a cerca de 170-200 kg/ha da mesma mistura (30). Contudo, aparentemente, os extensionistas locais consideram-se cautelosos, porque preferem recomendar menos que este nível (140kg/ha da mistura). Os efeitos da aplicação dos fertilizantes sobre o rendimento dependem do rigor da seca. Se a seca for muito rigorosa, então os fertilizantes reduzem a tolerância do arroz à seca (29), resultando em rendimentos até mesmo menores do que seriam obtidos sem fertilização. Conseqüentemente, os agricultores enfrentam uma decisão arriscada quando escolhem os níveis de fertilizantes para produção de arroz, uma vez que, sob condições livres de seca, boas respostas são obtidas, porém quando ocorrem veranicos os rendimentos podem ser reduzidos com o aumento do nível de fertilizantes.

### 3.2 A Amostra

Informações detalhadas, tais como rendimentos esperados resultantes de diversos níveis de fertilizantes, variância de rendimentos esperados, expectativas de preços, funções de utilidade etc., exigiram entrevistas prolongadas com duração

---

5/ Fonte destes dados: “Plano de Atividades para 1978”, do Escritório de Extensão Rural de Rubiataba – Goiás.

de 4 a 6 horas cada<sup>6/</sup>. Por isso, previu-se que os esforços deveriam ser concentrados nos agricultores que realmente dependiam do arroz como uma importante fonte de renda. Devido ao fato de que os agricultores da região usam uma média de 12 sacos de arroz (a produção de cerca de meio hectare) para consumo familiar, preferiu-se entrevistar os agricultores que tivessem, pelo menos 5 hectares de arroz plantado, a fim de que o arroz gasto no consumo familiar representasse, no máximo, 10% da produção total. Verificou-se que a média de consumo de arroz na própria fazenda, nesta amostra, foi menor que 2%, a mesma média para a região como um todo, de acordo com o "Plano Anual de Trabalho para 1979", da EMATER local.

Foram entrevistados 50 agricultores durante o mês de novembro de 1978, bem no começo da época do plantio, quando as decisões sobre os níveis de fertilizantes estão prestes a serem tomadas, ou acabaram de ser tomadas. Conseqüentemente, espera-se que as expectativas de preços e rendimentos sejam capturadas razoavelmente bem, uma vez que ainda estão nas mentes dos agricultores entrevistados. Devido a problemas de exatidão de dados, 3 questionários foram excluídos e assim os resultados de rendimentos e preços (subitem 3.3) tomaram por base apenas 47 agricultores, sendo que apenas 42 questionários puderam ser apresentados para os resultados do subitem 3.4<sup>7/</sup>.

### **3.3 Resultados Sobre Rendimentos e Preços Esperados**

Os resultados indicaram que para os agricultores na amostra, para a safra de 1978/79, os rendimentos de arroz foram mais arriscados do que os preços. Os rendimentos médios esperados foram 24,6 sacos de arroz por hectare e os preços esperados no tempo da colheita (abril de 1979) foram de cerca de Cr\$ 290 por saco. Utilizando-se de distribuições de probabilidade triangulares (valores mínimos, mais prováveis e máximos de rendimentos e preços) para cada agricultor, foram obtidos os desvios-padrão e os coeficientes de variação (desvio padrão/média) para as distribuições de probabilidade de cada agricultor da amostra. O coeficiente de variação dos rendimentos, na amostra, foi de 18%, 2,5 vezes maior do que o coeficiente de variação de preços (somente 7%), indicando maior variabilidade esperada (maior risco) nos rendimentos do que nos preços.

### **3.4 Funções de Respostas Esperadas e a Função de Risco de Rendimento**

Devido a vários problemas, somente 42 questionários ficaram disponíveis para os resultados deste subitem. A maioria dos agricultores, na amostra, utilizou a

---

6/ Grande parte destes dados pode ser encontrada nos apêndices da tese de PhD deste autor, "On the Determination of Agricultural Research Priorities Under Risk", Universidade de Londres (Wye College), 1979. Os demais dados foram apresentados nos anexos deste trabalho.

7/ 47 agricultores, com exceção de um que utilizou adubo orgânico, um que se recusou a responder às perguntas acerca dos rendimentos esperados nos diferentes níveis de fertilizante e três que estavam unicamente operando um cerrado recém-desmatado, o qual apresenta certas diferenças em rendimentos esperados e, portanto, foram excluídos da amostra. Para os agricultores que operavam parcialmente em cerrado novo, foram feitas perguntas especificamente acerca dos rendimentos em terras onde eles tinham conhecimento maior.

mistura padronizada recomendada pelo escritório local de extensão rural. Os agricultores da amostra que não utilizaram essa mistura tiveram seus níveis de fertilizantes ajustados ao equivalente a 30 kg/ha de  $P_2 O_5$ , que é o nutriente mais crítico para a região. Conseqüentemente, um agricultor utilizando, por exemplo, 280 kg/ha da mistura (III-XV-V) estará utilizando, aproximadamente, o equivalente de 140 kg da mistura padrão (4-30-16) recomendada pela EMATER local. Quase todos os agricultores utilizaram fertilizantes em níveis abaixo da mistura padronizada recomendada pela EMATER local. Tornou-se, portanto, clara a existência de fatores que inibem o uso de maiores níveis de fertilizantes, pois as áreas produtoras de arroz são similares, em termos da deficiência de  $P_2 O_5$ , geralmente em torno de 1 ppm de P disponível (24 e 44).

Quatro pontos na curva de resposta esperada foram obtidos, a fim de possibilitar a estimação da equação (XVIII) para cada produto da amostra:

$$E(Y_1) = F_0$$

$$E(Y_2) = 0,5F_A$$

$$E(Y_3) = F_A$$

$$E(Y_4) = 2F_A$$

Onde  $F_0$  significa nenhum fertilizante e  $F_A$  o nível de fertilizante que um determinado agricultor esteja usando para a safra de 1978/79.

Os agricultores com alguma experiência no uso de fertilizante (mais de 4 anos) não tiveram dificuldade em dar uma idéia do rendimento esperado destes quatro níveis de fertilizantes. Contudo, alguns agricultores, na amostra, não foram capazes de apresentar uma resposta satisfatória para  $E(Y_4)$ , ou porque não tinham ainda experimentado qualquer nível de fertilizante, além de seu uso atual, ou porque desconheciam o que pudesse acontecer a rendimentos com altos níveis de fertilizantes.

De qualquer modo, uma decisão tinha que ser tomada a respeito da utilização da equação (XVIII) ou da (XIX), para estimarem-se as funções de resposta esperada. De um ponto de vista teórico, funções individuais de resposta seriam mais desejáveis do que a versão agregada (XIX). As características atrativas de (18) podem ser resumidas da seguinte forma:

- a) funções individuais de resposta refletem um dado nível de administração da propriedade;
- b) o mesmo tipo de solo poderá ser presumido com maior segurança;
- c) o nível tecnológico poderá ser presumido ser o mesmo, pois se está lidando com cada propriedade isoladamente.

A maior desvantagem de (XVIII), além do número limitado de observações para o ajustamento da curva de resposta (4 no presente estudo), é um conhecimento imperfeito sobre as respostas aos fertilizantes. Contudo, o fato de (XVIII) refletir a função de resposta esperada por cada agricultor individualmente fez com que ela fosse escolhida para os cálculos a serem apresentados no subitem 3.6. Por outro lado, uma função de resposta agregada como a (XIX) tem a desvantagem de presumir que todos os agricultores na amostra são iguais, exceto pelas diferenças na aplicação de fertilizante. Apesar deste fato, espera-se que em uma amostra de 42 agricultores tal como esta, com quatro observações sobre cada um, observações extremas cancelem-se mutuamente e assim encontre-se uma função de resposta de compromisso que reflita um estado médio de tecnologia para uma determinada região. Posta esta razão, (XIX) foi também estimada para fins comparativos. O fato de que (XIX) reflete os rendimentos esperados pelos próprios agricultores torna-a mais relevante para modelos preditivos de tomada de decisão do que as funções de resposta obtidas em estações experimentais.

O ajustamento **quadrático** de (XIX) foi o que melhor representou os dados:

$$E(Y) = 8,36 + 0,204X - 0,000652X^2 \quad (XXI)$$

$$n = 168 \quad R^2 = 0,40$$

onde:

$E(Y)$  = sacos de 60 kg de arroz/ha esperados na safra de 1978/79;

$X$  = quilos de mistura de fertilizantes/ha (4N - 30P + 16K + Zn).

Esta função tem um rendimento físico máximo de 24,3 sacos/ha com 156 kg/ha de fertilizante. Com os preços de fertilizantes em cerca de Cr\$ 6,00/kg e arroz em Cr\$ 280,00/saco, a recomendação economicamente ótima do uso de fertilizante situa-se em torno de 140 kg/ha com um  $E(Y)$  resultante = 24,1 sacos/ha. Embora a cifra de 140 kg/ha venha ser exatamente o mesmo nível recomendado pelo serviço local de extensão rural, a resposta máxima esperada aos fertilizantes parece ser mais conservadora do que a reivindicada pelos extensionistas locais, a qual é de cerca de 25 a 30 sacos/ha de arroz. Esta diferença é naturalmente compreensível, uma vez que os agricultores são inclinados a descontar um pouco os rendimentos previstos pelos extensionistas. Não obstante o fato de que a função baseia-se em rendimentos esperados a partir de níveis diferentes de fertilizantes, sugere que os agricultores, coletivamente, tiveram, em média, uma noção razoavelmente boa sobre resposta aos fertilizantes.

O grau de incerteza sobre a resposta esperada aos fertilizantes foi capturado para cada agricultor perguntando-lhe quais seriam os piores e os melhores rendimentos esperados, resultantes dos níveis de fertilizantes em uso. Utilizando-se destes dois pontos extremos mais  $E(Y)_3$ , computaram-se as variâncias de rendimento de cada agricultor, utilizando-se distribuições de probabilidade

triangulares. Aplicou-se o mesmo procedimento para se obterem as distribuições de preço. Devido ao fato de que tanto as distribuições de rendimento e as de preços foram razoavelmente simétricas, seu terceiro momento pôde ser desprezado e somente as médias e variâncias representaram estas distribuições.

O melhor ajustamento da função de risco de rendimento (20) foi uma regressão linear, novamente com a mesma amostra de 42 agricultores.

$$V(Y_E) = 1,8 + 0,237X_A \quad (XXII)$$

$$n = 42 \quad R^2 = 0,17$$

A interpretação de (XXII) indica uma relação positiva ente fertilizantes e a variância de rendimentos (com um valor  $t$  de  $X_A$  de 2,9). Sua primeira derivada é o MIR (incremento marginal ao risco) agregado para a região. Assim, um aumento em 10 quilos/ha de fertilizantes significa que  $V(Y_E)$  será aumentado em 2,37 unidades.

Uma versão quadrática foi também tentada acusando um termo quadrático positivo, sugerindo uma variabilidade de rendimentos a uma taxa crescente na medida em que for aplicado mais fertilizante, porém a significância do termo linear foi substancialmente reduzida, de modo que (XXII) foi preferida.

### 3.5 Funções de Utilidade

As funções de utilidade dos agricultores na amostra foram obtidas utilizando-se do método modificado de VON NEUMANN-MORGENSTERN (37). As questões foram formuladas variando de zero ao máximo correspondente ao total da produção agrícola (rendimentos de todas as atividades vezes os preços de 1978). Utilizando-se este procedimento encontrou-se o limite das funções de utilidade de acordo com o tamanho das atividades de cada fazenda. Todas as funções de utilidade tinham 9 pontos com todos os pontos assinalados em um gráfico durante as entrevistas. Adotou-se este último procedimento para se detectarem possíveis inconsistências nas respostas.

Além de dois agricultores que tiveram uma função de utilidade linear, todas as outras funções de utilidade foram sujeitas a ajustamentos quadráticos e exponenciais. Em quatro casos o procedimento foi de se obter, inicialmente um ajustamento visual e então plotar as pontas da curva para se estimarem os coeficientes exponenciais e quadráticos. Agindo desta forma, curvas ajustadas mecanicamente tiveram um grau razoável de aproximação com a forma visual dos pontos da curva, conforme recomendado por ANDERSON et al. (2). Dois agricultores na amostra foram preferidores ao risco, dois neutros ao risco e os restantes foram aversos ao risco.

### 3.6 Níveis de Fertilizantes Prognosticados Sob Risco

Partindo-se diretamente da equação (V) e lembrando-se que as funções de resposta esperada e riscos aos rendimentos foram especificados em termos de hectares, tem-se a seguinte relação:

$$A.P. = E(P_Y). A. MEP-RSU \{ (E(P_Y). A^2 + V(P_Y). A)MIR + 2AV(P_Y) E(Y)MEP \} \quad (XXIII)$$

Onde A é a área de plantação de arroz em hectares. Os valores de X, o nível prognosticado de aplicação de fertilizante, os quais satisfizeram a equação (XXIII), foram então encontrados para cada agricultor.

Utilizou-se um procedimento iterativo porque X aparecia nos termos do MEP e RSU, e uma solução analítica direta teria sido muito difícil. A equação (XXIII) é resolvida para cada agricultor individualmente, utilizando-se de suas próprias distribuições de preços e rendimentos ( $E(P_Y)$ ,  $V(P_Y)$ ,  $E(Y)$  e  $V(Y)$ ) e seu MEP conforme os dados do anexo 2.

Este nível prognosticado de fertilizante será aquele nível que, se as hipóteses teóricas (item 2) forem válidas e se as expectativas dos agricultores forem corretamente registradas, o agricultor aplicaria, se o risco fosse para ele o único fator explicativo de discrepância do nível de maximização de lucros.

O quadro 1 mostra para cada agricultor seu nível de fertilizante realmente usado e o nível de fertilizante prognosticado sob o risco, utilizando (XXIII) tanto nas funções de utilidade exponencial ( $U_E$ ) como quadrática ( $U_Q$ ) de cada agricultor no cálculo de sua RSU. O MEP empregado em (XXIII) foi obtido a partir de (XVIII) para cada agricultor, e MIR foi obtido a partir de (XXII)<sup>8/</sup>. A última coluna do quadro 1 é simplesmente a solução de (XXIII) para cada agricultor sem o segundo termo do lado direito, i.e., o resultado clássico (sem risco) da economia da produção.

Estes grupos foram classificados como segue.

- Grupo 1 – Sem mudanças no uso de fertilizantes durante os três últimos anos.
- Grupo 2 – Aumentaram o uso de fertilizantes nesta safra, esperando melhores rendimentos com mais fertilizantes.
- Grupo 3 – Diminuíram o uso de fertilizantes nesta safra, em razão do fraco rendimento cultural do ano passado.
- Grupo 4 – Diminuíram o uso de fertilizantes nesta safra, devido aos elevados custos dos fertilizantes.
- Grupo 5 – Diminuíram o uso de fertilizantes pois tinham débitos bancários devido às perdas com a colheita da safra anterior.

As variáveis 3, 6, 7, 8 e 9 não apresentam diferenças significantes nas médias entre o grupo 1 e o resto.

Contudo, as cinco variáveis restantes (1, 2, 4, 10 e 11) merecem nossa atenção e suas médias são indicadas no quadro 2 com os valores correspondentes de  $t$  no quadro 3.

---

8/ (XX) poderia, naturalmente, também ser expresso de uma forma similar a (XVIII) – regressões individuais – em casos onde fosse viável obterem-se variâncias de rendimentos para cada agricultor correspondentes aos diversos níveis de insumos incluídos na curva de resposta.

**QUADRO 1. Os níveis prognosticados de fertilizantes sob risco para cada agricultor**

Agricultor	X(kg/ha) realmente aplicado	X prognosticado utilizando-se $U_E$	X prognosticado utilizando-se $U_Q$	Nível economicamente ótimo sem risco
1	140	139	140	140
2	100	138	139	140
3	70	140	140	141
4	80	140	140	141
5	0	155	157	156
6	70	139	140	141
7	90	140	140	141
8	80	132	108	140
9	40	132	131	135
10	120	140	142	143
11	40	130	127	136
12	70	136	136	140
13	115	134	131	140
14	60	137	138	139
15	120	140	140	141
16	140	133	88	143
17	144	140	145	141
18	120	133	132	138
19	140	135	136	137
20	80	135	96	142
21	0	157	159	156
22	120	135	136	140
23	50	134	133	137
24	40	138	138	140
25	80	139	140	140
26	96	140	142	142
27	80	134	135	138
28	90	135	136	141
29	160	137	139	139
30	100	140	140	143
31	96	139	139	141
32	0	156	156	156
33	55	137	157	143
34	34	80	139	139
35	85	137	139	139
36	120	138	138	145
37	80	135	134	140
38	140	137	136	141
39	112	134	131	140
40	80	133	134	135
41	100	134	131	141
42	56	128	126	135

Fonte: Solução da equação (XXIII) para cada agricultor utilizando-se os dados da amostra.

Nota: N.B.X. significa uma mistura de fertilizantes (4-30-16).



## QUADRO 2. Médias das variáveis em cada grupo

Variável	Grupo					Média da amostra
	1	2	3	4	5	
A) N.º de anos usando fertilizante	8,0	4,8	3,8	5,1	6,0	5,6
B) Uso de fertilizante (kg/ha)	115,0	95,0	74,5	59,3	36,7	86,6
C) Rendimentos esperados (sacos de 60 kg/ha)	27,9	25,3	16,0	20,8	20,3	24,6
D) Área plantada de arroz (ha)	68,9	30,2	16,9	13,4	13,3	20,6
E) Margem bruta esperada/ha (Cr\$)	5.334,8	4.893,9	2.396,0	3.643,9	2.579,0	4.428,0
N.º de agricultores no grupo	16	12	4	7	3	42

Fonte: Dados da amostra.

O quadro 1 mostra que três agricultores estão operando acima de seus níveis economicamente ótimos sem risco, três em torno do mesmo nível e os demais abaixo.

A incorporação do risco fez com que os níveis prognosticados de fertilizantes difiram muito pouco do nível sem risco. As diferenças de mais do que 5% ocorreram em apenas três casos. Note-se que as colunas utilizando  $U_E$  e  $U_Q$  não são exatamente as mesmas o que indica que os resultados sob risco são dependentes da escolha de uma determinada função de utilidade.

Estes resultados basearam-se num nível de incremento marginal de risco a partir de (XXII). Em uma amostra piloto levada a efeito na mesma região durante a safra anterior, treze pequenos agricultores foram entrevistados e o MIR resultante teve uma magnitude de cerca de duas vezes maior do que o indicado em (XXII), porém, mais uma vez o risco não teve um grande impacto. Análises de sensibilidade com os valores do MIR maiores até cinco vezes do que o nível de 0,237 encontrado em (XXII) foram levadas a efeito com um desprezível impacto nos resultados.

A magnitude do MIR dos tomadores de decisão é importante porque, se um agricultor com um determinado coeficiente de aversão ao risco espera um aumento na variabilidade de rendimentos resultante de quantidades adicionais de um determinado insumo (MIR positivo), o tamanho desta expectativa deveria ser suficientemente grande para permitir que sua atitude ao risco tenha um impacto sobre o nível prognosticado de fertilizante. Uma vez que se estimou o MIR em um nível agregado, ele reflete uma relação média entre os agricultores da amostra, e assim poder-se-ia esperar que ele fosse baixo para alguns agricultores e alto para outros.

As análises de sensibilidade também indicaram que pequenas alterações na área e preços fizeram consideráveis mudanças nos níveis de riscos quadráticos prognosticados. Deve-se isto, principalmente, à maneira na qual a RSU quadrática

é dependente sobre o nível de  $E(\Pi)$ . Conforme foi visto da equação (XV) que se  $E(\Pi)$  (ou qualquer fator tal como  $Y$ ,  $P_y$ , ou  $A$ , sob o qual ele dependa) aumentar, então a RSU também aumentará. Este efeito é o resultado da hipótese de aversão crescente ao risco absoluto, implícita na função de utilidade quadrática, a qual é bastante contra-intuitiva (40). Por esta razão, prefere-se atribuir maior importância aos resultados exponenciais do quadro 1.

A comparação das colunas do quadro 1, relacionadas com os níveis de fertilizantes realmente empregados, com os prognosticados sob risco não indicam qualquer relação aparente. Trinta e seis agricultores estão utilizando menos fertilizante do que os níveis prognosticados sob risco, três cerca do mesmo nível e quatro outros acima. Tal fato sugere a possibilidade da existência de outros fatores além de risco, tais como aqueles seis relacionados em 2.2, os quais estariam presentes nas decisões dos agricultores. Alguns destes serão discutidos no próximo subitem.

### **3.7 Uma Investigação Sobre a Estabilidade da Aplicação de Fertilizantes**

Tornou-se evidente, conforme mostrado no quadro 1, que muitos agricultores usam fertilizantes a níveis bem abaixo dos níveis prognosticados sob risco. Neste subitem será feita uma tentativa de sugerir-se que muitos agricultores na amostra estão, aparentemente, utilizando seus níveis atuais de fertilizantes por razões outras que não risco.

Como parte do questionário, foi perguntado a cada agricultor qual fora o nível de fertilizante que ele tinha usado durante os últimos três anos e por quê. Os agricultores foram classificados de acordo com as razões pelas quais haviam mudado os níveis de fertilizantes durante os últimos três anos. Eles foram comparados contra o grupo 1 (o maior), o qual tinha mantido os níveis de fertilizantes inalterados durante os últimos três anos, pois se estava interessado nas diferenças de comportamento entre o maior grupo e os outros.

Foram utilizadas nas comparações onze variáveis:

- 1) Experiência com fertilizante (n.º de anos);
- 2) Uso de fertilizante (kg/ha);
- 3) Idade do produtor;
- 4) Rendimentos esperados (sacos de 60 kg/ha);
- 5) Desvio-padrão dos rendimentos;
- 6) Preços esperados (Cr\$/saco);
- 7) ERSU;
- 8) QRSU;
- 9) Bens (Cr\$);
- 10) Área plantada de arroz (ha);
- 11) Margem bruta esperada/ha (CR\$).

Os valores médios destas variáveis no grupo 1 foram então comparados contra os valores médios dos outros grupos.

**QUADRO 3. Valores t das diferenças das médias (amostras independentes) entre o grupo 1 e os outros**

Variável	Grupo			
	2	3	4	5
A) N.º de anos usando fertilizante	1,7	1,3	1,2	1,8
B) Uso de fertilizante (kg/ha)	1,9	3,0	4,7	1,0
C) Rendimentos esperados (sacos de 60 kg/ha)	1,2	4,8	3,8	0,4
D) Área plantada de arroz (ha)	1,3	1,0	1,6	0,0
E) Margem bruta esperada/ha (Cr\$)	0,7	3,9	3,1	0,2

Fonte: Dados da amostra.

Observando-se a experiência com fertilizantes (variável 1), nota-se imediatamente que o grupo 1 tem valores médios acima de todos os outros, bem como sobre a média de toda a amostra. Isso significa que os agricultores do grupo 1 têm maior experiência no uso de fertilizantes e tendem a experimentar menos com seu uso (comportamento mais estável), pois não mudaram seus níveis nos últimos três anos.

A segunda variável é o uso de fertilizante. Observa-se, novamente, que o grupo 1 aplica mais fertilizante do que os demais e a média da amostra. Isto indica, possivelmente, que os agricultores deste grupo estariam convencidos de que o uso de fertilizantes é compensador. Observe-se, também que o grupo 1 supera os outros em todas as variáveis restantes: rendimentos esperados, área plantada com arroz e margem bruta esperada por hectare. O fato do grupo 1 ter uma área plantada média acima dos demais, com rendimentos culturais esperados também acima da média, poderá indicar a existência de um melhor nível tecnológico deste grupo.

De um modo geral, o quadro 3 evidencia que maiores produtores de arroz estão utilizando fertilizante durante um maior período de tempo, e uma vez que estão obtendo melhores rendimentos, não estão mais experimentando com novos níveis de fertilizantes. Os grupos 2 e 3 estão, aparentemente, ainda tentando aprender mais acerca do uso de fertilizantes. O grupo 4 poderá ser classificado como um grupo misto. Alguns parecem estar cientes da resposta aos fertilizantes e estão reagindo aos novos preços de uma maneira normal. Alguns deles, contudo, tiveram uma característica tão irregular de uso de fertilizante nos últimos três anos que se chega a acreditar que eles ainda estejam experimentando, numa tentativa de encontrar seu próprio nível de fertilizante mais adequado, independente de seus preços.

Dado o fato de que 90% dos agricultores da região têm apenas educação primária, não se pode estabelecer qualquer relação entre a educação e o uso de fertilizante.

Voltando-se agora aos outros fatores além de risco, que poderiam influenciar as decisões dos agricultores, dados em 2.2, o fator 3 (informações imperfeitas ou distorcidas) poderia estar presente na amostra, supondo-se que os agricultores nos grupos 2 e 3 estejam experimentando a fim de obterem maiores informações acerca do uso de fertilizante. O fator 5 (persistência de hábitos) poderá muito bem representar um papel importante entre os agricultores do grupo 1. Estes dois fatores poderiam ser determinantes de comportamento mais importantes, que explicam diferenças entre os níveis ótimos e em uso nesta amostra, do que meras atitudes ao risco, as quais falharam em indicar diferenças significantes entre os 5 grupos acima. Estes comentários são, naturalmente, somente sugestivos. Como foi declarado na introdução, o objetivo deste estudo foi simplesmente de mostrar que o risco sozinho não é bastante para explicar as discrepâncias entre os níveis economicamente ótimos de fertilizantes e os níveis em uso. Isto foi feito no quadro 1, comparando-se a segunda e a terceira (ou a segunda e a quarta) colunas. Com os dados disponíveis, e com a falta de um modelo específico, não se pode provar, de forma categórica, que os fatores 3 e 5 são mais importantes do que o risco em explicar diferenças entre MVP e MFC. Não obstante, com base nos resultados do quadro 1, a importância do risco não deverá ser exagerada, e resultados indiretos, tais como os de MOSCARDI & DE JANVRY (36), estão sujeitos a dúvidas.

#### **4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO**

Foi feita uma tentativa para se investigar a importância de risco nas decisões dos agricultores, utilizando-se um método direto. Foi levantada uma amostra de agricultores operando com uma cultura arriscada, e um modelo teórico do processo de tomada de decisão deles foi construído, quantificado com dados fornecidos pelos próprios agricultores. Embora não houvesse aparentemente, na região, nenhuma restrição física ou de crédito para a aquisição de fertilizantes, a maioria dos agricultores estava aplicando consideravelmente menos do que os níveis ótimos. Assim sendo, pareceria plausível que esta diferença pudesse ser explicada pelos riscos envolvidos e as atitudes dos agricultores diante destes riscos.

Embora o modelo de utilidade quadrática possa ser usado para explicar as magnitudes das diferenças, a implausibilidade da hipótese da aversão crescente ao risco e a volatilidade dos resultados são argumentados contra seu uso.

Os resultados exponenciais envolvem a hipótese mais plausível de aversão ao risco constante, o que seria um argumento favorável de seu uso. De qualquer forma, o quadro 1 mostrou que o risco teve um poder explanatório muito limitado em prognosticar diferenças entre os níveis de fertilizantes usados e os economicamente ótimos.

A análise depende da validade do modelo teórico e da precisão dos dados empíricos, que se supõe refletirem o conhecimento de cada agricultor no uso de fertilizantes. Embora tenha havido discussão na literatura acerca da validade teórica das axiomas de Bernoullian, há, infelizmente, pouca evidência empírica ou a favor ou contra seu uso nos estudos de teoria da decisão na agricultura. De qualquer

forma, pode-se supor que a axioma de dependência (10) seja, em parte, limitador da generalidade destes resultados, uma vez que as decisões sobre o nível de insumos numa dada atividade podem ser condicionadas às expectativas dos agricultores a respeito dos resultados de decisões paralelas (e. g., acerca de outras culturas). Alterações nestas expectativas poderiam resultar em decisões diferentes. Isto é um argumento contra a utilização dos dados deste estudo para prognosticar níveis de aplicação de fertilizantes em qualquer outra época fora da safra 1978/79.

No que diz respeito aos dados empíricos, o objetivo foi o de se quantificarem os dados de acordo com as expectativas de cada agricultor na época (ou perto) de sua decisão. Embora a elicitação de informações subjetivas (ou mesmo objetivas) seja sempre sujeita a erros de mensuração, as análises de sensibilidade não alteraram as conclusões.

Note-se que as respostas às perguntas para a especificação das funções de utilidade refletem escolhas hipotéticas em lugar das observações de escolhas reais. Porém, é difícil conceber-se um procedimento que evite este problema. De qualquer maneira, o uso de dados históricos para gerar distribuições de probabilidade de rendimentos e preços foi evitado com base nos argumentos do subitem 2.4.

Conclui-se, portanto, que para os agricultores deste estudo o risco desempenhou uma pequena parte, contudo, provavelmente significativa no seu processo de tomada de decisão. Porém, seria sem sentido fazer-se uma hipótese, *a priori*, de que o risco foi o único responsável pelas discrepâncias entre os níveis usados de fertilizantes e os níveis de maximização de lucro, e, portanto, a abordagem indireta de MOSCARDI & DE JANVRY (36) não poderia ser utilizada nesta amostra.

Esta abordagem indireta está, portanto, sujeita a dúvidas quanto à sua generalidade. Por conseguinte, sugere-se que futuras pesquisas nesta área não sejam restritas ao estudo do risco sozinho, porém, que também levem em consideração outros fatores que afetem o comportamento dos agricultores. Fatores objetivos, tais como restrições ao crédito, receberam, no passado, muita atenção (55), porém fatores subjetivos, tais como persistência de hábitos (8), parecem ter passado despercebidos na literatura de economia rural.

## 5. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, J.R. Programming for efficient planning against non-normal risk. **AJAE**, **19** (2): 94-107, 1975.
2. ANDERSON, J.R.; DILLON, J.L.; HARDAKER. **Agricultural decision analysis**. Iowa State University Press, Ames, 1977.
3. BOLEN, K.R. Farmer responses to market uncertainty. Ph.D. Thesis. Illinois, US, 1976.
4. BROWN, T.M. Habit persistence and lags in consumer behaviour. **Econometrica**, **22** (3), 1952.

5. BUCCOLA, S.T. & FRENCH, B.C. Estimating exponential utility functions. **Agricultural Economics Research**, 30 (1): 37-43, 1978.
6. CHANG, S.J. An economic analysis of the adoption of new wheat varieties under risk in Ferozepur District (India). Ph.D. Thesis. North Carolina, US, 1976.
7. CHAVAS, J.P. & ARCIA, G. Risk and decision making in agricultural production. Trabalho apresentado à Conferência da AAEA. San Diego, Califórnia, 1977.
8. CONRAD, K. **Gewohnheitsbildung und dynamischer nutzen und nachfragefunktion** e **jahrbuch für nationalökonomie und statistik**, v. 191, p. 646-91, 1977.
9. DE FINETTI, B. Foresight: its logical laws, its subjective sources. In: KYBURG, H.E. & SMOKLER, H.E. (ed.). **Studies in subjective probability**. Wiley, 1964.
10. DILLON, J.L. An expository review of Bernoullian decision theory: is utility futility? **Rev. Marketing Agric. Econ.** v. 39, p. 3-80, 1971.
11. \_\_\_\_\_ . **The analysis of response in crop. and livestock production**. Pergamon Press, 2nd ed., 1977.
12. DILLON, J.L & SCANDIZZO, P.L. Atitudes dos agricultores nordestinos de subsistência em relação ao risco: abordagem amostral. **Revista de Economia Rural**, 16 (1): 7-25 (with an english summary).
13. FAGERIA, U.K. & ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. **Tech. Bull.**, n. 5, CNPAF-EMBRAPA-Brazil, 1978.
14. FELLNER, W. **Probability and profit: a study of economic behaviour along bayesian lines**. Irwin, Homewood, 1965.
15. FRANCISCO, E. & ANDERSON, J.R. Chance and choice west of the darling. **AJAE**, p. 82-93, Aug. 1972.
16. FREUND, R.J. The introduction of risk into a programming model. **Econometrica**, 24 (3): 253-63, 1966.
17. GELLATLY, C. Some aspects of current research on risk and uncertainty. Trabalho apresentado à Conferência da AAEA. San Diego, Califórnia 1977.
18. GRILICHES, Z. Distributed lags: a survey. **Econometrica**, 35 (1): 16-49, 1967.
19. HALTER, A.N. & DEAN, G.W. Decisions under uncertainty. **South Western Publ. Co.**, 1971.
20. HAMPTON, J.M.; MOORE, P.G.; THOMAS, H. Subjective probability and its measurement. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 136, p. 226-47, 1973.
21. HAZELL, P.B.R. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. **AJAE**, v. 53 p. 53-62, 1971.
22. HAZELL, P.B.R. & SCANDIZZO, P.L. Competitive demand structures under risk in agricultural linear programming models. **AJAE**, v. 56, p. 235-44, 1974.

23. HILDRETH, C. What do we about agricultural producers' behaviour under price and yield stability. **AJAE**, **59** (5): 898-902, 1977.
24. HOEFLICH, V.A.; CRUZ, E.R. da; TOLLINI, H. Sistemas de produção agrícola no cerrado. Trabalho apresentado ao 4.º Simpósio do Cerrado. Brasília, 1976.
25. HOGARTH, R.M. Cognitive processes and the assessment of subjective probability distributions. **JASA**, v. 70, p. 271-91, 1975.
26. HOUTHAKKER, H.S. & TAYLOR; L.D. **Consumer demand in the United States 1929 – 1970: analysis and projections**. Harvard University Press, 2nd. ed., 1970.
27. JUST, R.E. An investigation of the importance of risk in farmers' decisions. **AJAE**, v. 56, p. 14-25, Feb. 1974.
28. \_\_\_\_\_. Risk aversion under profit maximization. **AJAE**, p. 347-52, May. 1975.
29. KUSSOW, W.R. Response of upland rice to different levels of technology at Goiânia, Goiás, Brazil. Mimeo. Soil Science Dept. University of Wisconsin, 1976.
30. KUSSOW W.R.; CORUM, K.R.; DALL'ACQUA, F.M. Interpretação agroeconômica de ensaios de adubação. **Tech. Bull.**, n. 4, CNPAF-EMBRAPA – Brazil, 1976.
31. LIN, W. Measuring aggregate supply response under instability. **AJAE**, **59** (5): 903-7, 1977.
32. LIN, W.; DEAN, C.W.; MOORE, C.V. An empirical test of utility vs. profit maximization in agricultural production. **AJAE**, p. 497-508, Aug. 1974.
33. LOISTL, O. The erroneous approximation of expected utility by means of a Taylor series expansion analytical and computational results. **AER**, **66** (5): 904-10, 1976.
34. MAGNUSSON, G. Production under risk: a theoretical study. Upsala: Almqvist and Wikselle, 1969.
35. MASSELL, B.F. Farm management in peasant agriculture: an empirical study. **Food Research Institute Studies**, p. 205-15, 1967.
36. MOSCARDI, E. & DE JANVRY, A. Attitudes toward risk among peasants: an econometric approach. **AJAE**, **59** (4): 710-16, 1977.
37. OFFICER, R.R. & HALTER, A.N. Utility analysis in a practical setting. **AJAE**, v. 50, p. 257-77, 1968.
38. PERRIN, R.K. Implications of risk for agricultural development policies. Trabalho apresentado na Conferência da AAEA. San Diego, Califórnia, 1977.
39. POPE, R.L. & JUST, R.T. On the competitive farm under production uncertainty. **AJAE**, **21** (2): 111-18, 1977.
40. PRATT, J.W. Risk aversion in the small and the large. **Econometrica**, v. 32 p. 122-36, 1964.

41. ROUMASSET, J. **Rice and risk**. Amsterdam, North Holland, 1976.
42. \_\_\_\_\_. Risk and uncertainty in agricultural development. **ADC**, (15): 1-11, Oct. 1977.
43. RYAN, T. Supply response to risk: the case of U.S. pinto beans. **The Western Journal of Agricultural Economics**, v. 2, p. 35-43, Dec. 1977.
44. SANDERS, J.H. & BEIN, F.C. Agricultural development on the brazilian frontier. **Economic Development and Cultural Change**, 24 (3): 593-609, Apr. 1976.
45. SCHLAIFFER, R. **Analysis of decisions under uncertainty**. New York, McGraw-Hill, 1969.
46. SIMMONS, R.L. & POMAREDA, C. Equilibrium quantity and timing of mexican vegetable exports. **AJAE**, p. 472-79, Aug. 1975.
47. SPETZLER, C.S. & VON HOLSTEIN, C.A. Stael. Probability encoding in decision analysis. **Mgt. Science**, v. 22, p. 340-58, 1975.
48. TRAILL, B. Risk variables in econometric supply response models. **JAE**, 29 (1): 53-61, 1978.
49. TVERSKY, A. & KAHMEMAN, D. Judgement under uncertainty. Heuristics and biases. In: WENDT, D. & VLEK, C. (ed.). **Utility, probability and human decision making**. Dordrecht: Reidel, p. 141-62. 1975.
50. VON NEUMANN, J. & MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behaviour**, 2nd ed. ch. 3 and appendix, 1944.
51. WEBSTER, J.P.G. The analysis of risk farm management decisions: advising farmers about the use of pesticides. **JAE**, 26 (3): 243-60; 1977.
52. WEBSTER, J.P.G. & KENNEDY, J.O.S. Measuring farmers' trade offs between expected income and focus-loss income. **AJAE**, p. 97-105, Feb. 1975.
53. WIENS, T.B. Peasant risk aversion and allocative behaviour: a quadratic programming experiment. **AJAE**, p. 629-35, Nov. 1976.
54. WOLGIN, J.M. Farmer response to risk in smallholder agriculture in Kenya: an expected utility model. PhD: Thesis. Yale Unversity, 1974.
55. WOLGIN, J.M. Resource allocation and risk: a case study of smallholder agriculture in Kenya. **AJAE**, p. 622-30, Nov. 1975.



## ANEXO 1

### DERIVAÇÃO DE ERSU

Admitindo-se uma distribuição normal de Y (Renda), então o valor esperado das funções de utilidade é da forma:

$$U_E = K - \theta \lambda Y \quad (1)$$

Pode ser computado diretamente apelando-se para a sua forma primitiva, sem recorrer-se à expansão das séries de Taylor – LOISTL (33) e BUCCOLA & FRENCH (5):

$$E(U(Y)) = \int_{-\infty}^{\infty} \lambda^{-p} y^2 + qy \, dy \quad (2)$$

Onde:

$$p = 0,5\sigma_y^2$$

$$q = \frac{1}{\sigma_y^2} (y - \lambda\sigma_y^2)$$

Após a integração, obtém-se:

$$E(U(Y)) = \lambda^{q^2/4p} \sqrt{\frac{\pi}{p}} \quad (3)$$

Onde:  $\pi = 3,1416\dots$

Inserindo-se p e q e rearrumando-se, tem-se:

$$E(U(Y)) = K - \theta \lambda^{-\lambda\mu} + 0,5\lambda^2 \sigma_y^2 \quad (4)$$

Onde:  $\mu = E(Y)$

A fim de derivar a ERSU, fixa-se  $E(U(Y))$  a um nível  $U^*$ , e reagrupando K:

$$U^* - K = -\theta \lambda^{-\lambda\mu} + 0,5\lambda^2 \sigma_y^2 \quad (5)$$

Desde que K é a assíntota de (1), se  $U^* > 0$  então  $K > U^*$ . Deste modo, multiplicando-se (5) por (-1):

$$K - U^* = \theta \lambda^{-\lambda\mu} + 0,5\lambda^2 \sigma_y^2 \quad (6)$$

Tomando-se o logaritmo de (6):

$$\log(K - U^*) = \log\theta - \lambda\mu + 0,5\lambda^2 \sigma_y^2 \quad (7)$$

Após o reagrupamento:

$$\mu = \frac{1}{\lambda} (\log\theta - \log(K - U^*) + 0,5\lambda^2 \sigma_y^2) \quad (8)$$

Agora se encontra a ERSU diretamente, diferenciando-se (8) com respeito a  $\sigma_y^2$ . Após se dividirem todos os termos do lado direito por  $\lambda$  tem-se:

$$\frac{\partial \mu}{\partial \sigma_y^2} = 0,5\lambda = \frac{1}{2}\lambda = \text{ERSU} \quad (9)$$

**ANEXO 2. Funções de respostas esperadas para cada agricultor na amostra através de ajustamento quadrático.**

Agricultor	a	b	- C. 1000
1	14.045	.14253	.30148
2	12.954	.17045	.40909
3	5.827	.30532	1.13173
4	17.133	.17729	.37953
5	12.091	.13257	.26515
6	15.127	.29532	2.5603
7	4.963	.29151	.65095
8	4.343	.26647	1.1952
9	14.018	.35954	3.97727
10	8.363	.22197	.92171
11	7.018	.38454	5.22727
12	4.936	.20948	1.16883
13	5.493	.23515	.53483
14	8.636	.18939	.75757
15	7.272	.23106	1.07323
16	16.538	.02599	.66581
17	13.227	.22758	.94258
18	6.47	.266	.656
19	12.98	.12466	.20758
20	5.2	.4025	2.1875
21	12.454	.13787	.35353
22	12.327	.22394	1.0101
23	8.503	.08585	.64972
24	8.636	.28491	1.70455
25	8.005	.19901	.61199
26	6.513	.16044	.32872
27	0	.36534	1.4777
28	5.667	.34079	1.06227
29	16.291	.23818	.85227
30	3.589	.24571	1.05818
31	13.783	.13954	.4399
32	5.36	.40647	3.2875
33	4.718	.31352	1.15057
34	19.781	.19168	.74211
35	6.245	.32096	1.83631
36	0	.32287	.770202
37	0.8	.4725	3.5
38	8.1	.33642	1.07143
39	0	0.46363	2.02922
40	5.236	.38704	1.67614
41	14.291	.13109	.381818
42	8.2	.26526	1.5654

Fonte: Dados da amostra.

Nota: A forma quadrática é aqui expressa da seguinte maneira:

$$E(Y) = a + bX + cX^2$$

Onde E(Y) = rendimentos de arroz esperado/ha;

X = kg mistura de fertilizante/ha.