

AGRICULTURA, PESQUISA E PROBABILIDADE (*)

*John Louis Dillon (**)*

Resumo: A tese apresentada no presente trabalho é a de que os pesquisadores agrícolas, de modo geral, têm tratado a incerteza de maneira insatisfatória enquanto que os agricultores, aparentemente, estão saindo-se bem neste aspecto. A abordagem diferenciada dos cientistas, na busca da meta impossível da objetividade científica, pressupõe estar a incerteza afastada ou recorre ao conceito economicamente irrelevante, e portanto inadequado, da probabilidade objetiva. O agricultor, por sua vez, acomoda a incerteza de forma natural e adequada, talvez pela sua proximidade da natureza ou mesmo do mercado e por depender vitalmente das decisões que toma. Deste modo, concebe probabilidades pessoais ou subjetivas onde o grau de sua convicção associado à sua preferência por determinados resultados forma a sua base de decisão. Neste trabalho, analisam-se certas áreas de pesquisa agrícola de modo a assinalar a impropriedade das abordagens tradicionais, em vista de sua falha em adequadamente acomodar a incerteza e reconhecer a importância da probabilidade subjetiva. Para tanto, apresentam-se considerações sobre o conceito de probabilidade bem como sobre alguns problemas ligados a sua aplicação nos casos de projeção, análise e relatórios de experiências; modelos de simulação de sistemas agrícolas; análise e previsão atmosférica; situações de escassez de dados, teoria da produção; avaliação tecnológica e planejamento agrícola anual.

1. INTRODUÇÃO

Em agricultura, as probabilidades existem em profusão. Sempre existiram. Enquanto o sol brilhar e o homem comer, continuarão existindo. Sua profusão e importância advêm dos elementos significativos não controláveis presentes nos sistemas biológico, econômico e social a que a agricultura está ligada. Essa falta de controle sobre importantes variáveis de um sistema, exprime incerteza: "Prevalecerá esta ou aquela condição"? Por sua vez, incerteza exprime probabilidade: "Qual a

(*) Palestra pronunciada, sob os auspícios do IICA, no "Seminário sobre Sistemas" da EMBRAPA, Brasília, em 5 de junho de 1975, e também no Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa em junho de 1975. O autor agradece ao Banco do Nordeste do Brasil S/A e ao Ministério da Agricultura pela colaboração financeira.

(**) Professor Visitante, Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, em gozo de licença da Universidade de New England, Armidale, Austrália.

possibilidade de que prevaleça esta ou aquela condição”? A partir da probabilidade, combinada com o poder de controle parcial do sistema, tem-se que escolher a decisão: “Dadas as possibilidades e conseqüências desta ou daquela ocorrência, como se deve agir”? Sem tais riscos, a escolha não passaria de rotina. De fato, não ocorreria decisão, uma vez que, ausente a incerteza prevaleceria o conhecimento perfeito, desassociado do desafio da escolha.

A tese proposta neste trabalho é a de que os pesquisadores agrícolas, de modo geral, têm tratado a incerteza de maneira insatisfatória. Em contraposição, os agricultores aparentemente estão saindo-se bem neste aspecto — pelo menos ainda não foi dado ver qualquer evidência convincente do contrário. Talvez, por sua proximidade da natureza, ou mesmo do mercado, e por dependerem vitalmente das decisões que tomam, os agricultores acomodam a incerteza de forma natural e adequada. Fazem juízo subjetivo acerca das probabilidades, isto é, concebem probabilidades pessoais ou subjetivas, e o grau de sua convicção associado a sua preferência por determinados resultados forma a sua base de decisão (LIN et al. 1974; OFFICER e HALTER, 1968).

É próprio dos cientistas usarem uma abordagem diferente. Na busca da meta impossível da objetividade, fogem da probabilidade subjetiva. Em contraposição, pressupõem estar a incerteza afastada ou recorrem ao conceito economicamente irrelevante, e portanto inadequado, da probabilidade objetiva (de FINETTI, 1972), conforme simbolizado pelas vacas sagradas dos níveis arbitrários pretensamente significativos e pelo culto do asterisco (DILLON e OFFICER, 1971). Pelo menos, é isso que os cientistas fazem crer. Na realidade, suas decisões científicas fundamentais, no tocante a que trabalho realizar, com quem trabalhar, que abordagem empregar, o que publicar etc., são baseadas no julgamento de probabilidades subjetivas — palpites e pressentimentos, se quiserem (MITROFF, 1972). Daí concluir-se que a objetividade científica é de realização impossível. Somente se todos os cientistas alimentassem o mesmo grau de convicção e a mesma preferência em relação às conseqüências que envolvem o risco, seria possível chegar-se à objetividade (isto é, a uma resposta unânime para determinada configuração de evidência). Esse assunto pertence, entretanto, à filosofia da ciência.

O propósito, aqui, é tão-somente o de analisar certas áreas da pesquisa agrícola, de modo a assinalar a impropriedade das abordagens tradicionais, em vista de sua falha em adequadamente acomodar a incerteza e reconhecer a importância da probabilidade subjetiva. Inicialmente, serão feitas breves considerações sobre o conceito de probabilidade e, em seguida, sobre alguns problemas ligados à sua aplicação nos casos de (i) projeção, análise e relatório de experiências; (ii) modelos de simulação de sistemas agrícolas; (iii) análise e previsão atmosférica; (iv) situações de escassez de dados; (v) teoria da produção e (vi) avaliação tecnológica e planejam-

to agrícola anual. Naturalmente, trata-se apenas de uma amostragem de áreas de pesquisa, ainda que suficiente para os propósitos deste trabalho. A posição adotada é bayesiana: as probabilidades subjetivas podem sempre associar-se a fatos incertos; as probabilidades relevantes são sempre subjetivas; os antecedentes são sempre relevantes; e escolher é uma questão altamente subjetiva, que depende do grau de convicção pessoal e de preferência pessoal, conforme integrada pelo Teorema da Expectativa de Utilidade⁽¹⁾ — da moderna teoria (bayesiana ou bernoulliana) da decisão (DILLON, 1971).

2. PROBABILIDADE E GRAU DE CONVICÇÃO

Probabilidade é um conceito fundamental apoiado por ampla literatura (SAVAGE, 1954). Entretanto, todos concordam em que, quaisquer que sejam as bases para a ela se chegar, cumpre que as mesmas sejam coerentes com os cálculos matemáticos de probabilidade. Se assim não fosse, seria possível, de tal maneira, se armar uma série de apostas contra seus manipuladores, que sua derrota estaria assegurada (WINKLER, 1972).

De modo amplo, três abordagens conceituais de probabilidade foram propostas. Referem-se às abordagens de frequência (ou objetiva), de lógica (ou necessária) e subjetiva (ou pessoal ou de julgamento) (de FINETTI, 1965).

Conforme observação feita acima, a abordagem objetiva é a tradicionalmente usada pelos cientistas. Define-se uma probabilidade objetiva como o limite de uma frequência relativa em repetidas experiências idênticas. Uma vez que isso pressupõe um conjunto infinito de observações, não constitui uma abordagem funcional. Trata-se de uma abstração que jamais pode ser comprovada. Em si mesma, tal impossibilidade de comprovação não constitui dificuldade, uma vez que o conceito da probabilidade ainda pode ser útil — da mesma forma que são úteis as noções irreais de pontos e linhas da geometria euclidiana. Entretanto, como a teoria em questão está relacionada com conjuntos infinitos de observações, há uma dificuldade lógica na sua aplicação em conjuntos finitos de observações. A maioria dos usuários da abordagem objetiva (se nisso pensarem) contorna essa dificuldade supondo que um conjunto finito de observações é bastante bom para calcular

(1) Baseando-se em três axiomas de escolha extremamente simples e razoáveis, este Teorema pressupõe que os graus de preferência do responsável pela decisão podem ser quantificados por uma função de utilidade, que o indivíduo admite probabilidades subjetivas para fatos incertos e que a utilidade é maximizada pela perspectiva de risco que produz o máximo de utilidade prevista (WINKLER, 1972).

limites. Assim procedendo, incorrem em julgamento subjetivo. Da mesma forma, ao usarem frequências objetivas baseadas no histórico dos conjuntos finitos de observações, estarão fazendo um julgamento subjetivo de que a estrutura da situação de decisão não se alterou com o correr do tempo. Por tais motivos, o uso inadequado de pretensas probabilidades objetivas poderia ser descrito como o uso, sem eficiência e conhecimento, de probabilidades subjetivas escolhidas de forma mecanicamente morosa. Além disso, a abordagem objetiva exclui a declaração de probabilidades ligadas a fatos não passíveis de repetição. Por essa razão em especial, a frequência relativa constitui uma abordagem irrelevante na tomada de decisões em agricultura. Conforme diz o agricultor, as estações deste ano só chegarão uma vez.

A conceituação lógica vê a probabilidade como a relação necessária entre uma proposição e uma matéria de evidência. Por conseguinte, as leis físicas da aerodinâmica e as propriedades de boas moedas e boas jogadas de “cara ou coroa” se inter-relacionam para dar uma probabilidade lógica de 0,5 para “cara”. Infelizmente, jamais será possível conhecer todas as leis, propriedades e interações físicas adequadas à determinação das probabilidades lógicas para os problemas de decisão no mundo real. Portanto, da mesma forma que na abordagem objetiva, as probabilidades lógicas também não são funcionais.

Em contraposição, a probabilidade subjetiva — definida como o grau de convicção de um indivíduo relativamente a uma proposição — é um conceito funcional. Por se tratar de uma convicção e não de uma frequência, aplica-se tanto a uma situação como a situações que se repetem. Naturalmente, os dados sobre frequência (registros pluviométricos, por exemplo) podem exercer uma influência preponderante na formulação de probabilidades subjetivas (para as chuvas do próximo ano, por exemplo) e devem ser levados em conta, juntamente com todas as demais informações relevantes, quais sejam, opinião abalizada, conhecimento da situação específica, intuição etc. O importante é que as probabilidades subjetivas representem um julgamento pessoal.

Na tomada de decisão (e que outra finalidade podem ter as probabilidades?), a única abordagem válida de probabilidades é a subjetiva. **Ipsso facto**, as probabilidades usadas nesse caso devem ser as da pessoa responsável pela decisão. Naturalmente, tais probabilidades mudarão à medida que os conhecimentos do indivíduo aumentam. Da mesma forma, uma vez que as pessoas possuem experiência e conhecimentos diferentes, não há razão por que dois indivíduos devam alimentar o mesmo grau de convicção a respeito de um conjunto de fatos. As probabilidades subjetivas não podem ser “certas” ou “erradas”, embora se deve supor que o indivíduo dotado de razão se interesse por aprimorar seu julgamento acerca de probabilidades, de forma a eliminar preconceitos decorrentes de má conceituação ou de má interpretação das informações ao seu dispor. A fonte de origem desses preconceitos, juntamente com sugestões para suplantá-los e normas práticas para julgar probabilidades subjetivas, são expostas por ANDERSON et al. (1976) e WINKLER (1972).

3. PROJEÇÃO, ANÁLISE E RELATÓRIO DE EXPERIÊNCIAS

Tradicionalmente, os pesquisadores agrícolas têm dispensado, em suas experiências, pouca atenção analítica aos elementos incertos presentes no ambiente agrícola. De fato, as experiências são em geral estruturadas de modo a se abstraírem das incertezas com que se defrontam os agricultores. Desse modo, a maioria é analisada (senão conduzida) na base intra-anual, abstraindo-se, assim, das fontes de mais de um ano (*interanuais*) de variação. Da mesma forma, o alto nível de manejo imprimido às experiências, em termos de controle de doenças, de pragas etc., e a previsão de fatores não passíveis de tratamento em níveis não limitantes são, de tal ordem, que eliminam tanto quanto possível as diversas fontes de variação intra-anual. O resultado pretendido é uma experimentação controlada, em que todos os fatores se mantêm constantes, à exceção de algum campo (em geral reduzido) de tratamento controlado. Em consequência, as informações geradas situam-se muito aquém das que os agricultores gostariam de possuir em função das incertezas com que se defrontam.

No tocante à informação em potencial procedente de experiências de campo em agropecuária, a principal incerteza com que se deparam os fazendeiros é a variação interanual de produção ou receita decorrente da influência exercida por clima, doenças, pragas e preços de mercado. Para atender a essa exigência de informação, faz-se necessário, em termos de projeção e análise, que as experiências abranjam condições multivariadas de clima, doenças e pragas. De maneira simples, isso se processaria através de experiências realizadas em vários locais, durante uma sequência de anos, seguidas da análise da experimentação multianual como um todo. O número de anos necessários a adequadamente captar a incerteza decorrente de variáveis exógenas, dependeria do âmbito da variação interanual (mais variação, maior prazo), afigurando-se, entretanto, que pelo menos uma sequência de quatro ou cinco anos seria exigida. Como alternativa, poderia ocasionalmente, ser viável e útil, como norma preliminar, usar a variação intra-anual em locais diferentes como estimativa da variação interanual.

Qualquer que seja a maneira de captar a variação interanual, esta deve ser incluída na análise mediante o emprego de técnicas multivariáveis. As duas principais alternativas são a *análise de regressão* e a *análise da variância*. De modo geral, deve-se dar preferência à análise de regressão. Através da estimativa que esta faz de uma relação continuada entre a produção e as variáveis de insumos independentes, é possível responder às perguntas do agricultor, que tenham cunho econômico, em termos das melhores condições operacionais, isto é, perguntas do tipo "Quanto?". Os resultados da análise da variância são bastante mais limitados, uma vez que somente permite que sejam respondidas perguntas do tipo "Sim/Não?" (DILLON, 1966). Na avaliação dessas análises estatísticas cumpre também reconhecer que os

tradicionais testes de significância F e t não só se baseiam em níveis arbitrários de probabilidade, como excluem qualquer conteúdo econômico (DILLON e OFFICER, 1971). Em contraposição a uma abordagem bayesiana, essas normas tradicionais de teste ignoram dados antecedentes e são extremamente conservadoras, no tocante a focalizar atenção apenas na possibilidade de serem cometidos erros tipo I, isto é, a rejeição de uma hipótese nula que seja verdadeira. Por deixarem de considerar, em termos econômicos, as possíveis perdas associadas tanto ao erro tipo I como ao tipo II, tais normas de teste de significância tendem a estabelecer o que se convencionou chamar de erro tipo III, "quando o estatístico apresenta uma solução cuidadosamente computada de um problema errado" (SCHLAIFER, 1959, p. 654). A abordagem bayesiana, bem mais apropriada, dá margem explícita ao conhecimento prévio e, através do uso das funções de prejuízo que avaliam o custo dos erros de decisão, leva em devida conta tanto os erros tipo I como os tipo II (DILLON e OFFICER, 1971; HADLEY, 1967; WINKLER, 1972; ZELLNER, 1971).

Entretanto, mesmo sem a adoção de uma abordagem totalmente bayesiana⁽²⁾, há uma série de sugestões de tipo bayesiano que devem ser seguidas na interpretação dos modelos tradicionais de análise. Em primeiro lugar, as variáveis não devem ser excluídas de análise mais profunda apenas porque seu efeito não é significativamente diferente de zero, a não ser que haja, no caso, forte apoio de dados antecedentes. Em segundo lugar, cumpre ter cuidado na seleção das hipóteses — comumente a hipótese nula adequada não terá efeito zero, mas algum outro nível de efeito que não zero (ANDERSON, 1971; RAO e MILLER, 1971).

Até agora nada foi dito a respeito da forma precisa pela qual fatores não controláveis, como clima, doenças e pragas, poderiam ser medidos e incluídos na análise de uma experiência multianual. No que diz respeito a clima, uma série de variáveis quantitativas óbvias encontra-se à disposição — de natureza básica, como índices pluviométricos, temperatura, radiação solar etc., e medidas correlatas, como umidade disponível de solo, índices de tensão da planta etc. (FLINN, 1971, MINHAS et al, 1974). Critérios de ordem biológica servirão de guia para determinar qual dessas variáveis merece maior consideração. Qualquer que seja a medida de clima adotada, esta terá forçosamente de ser uma variável que tudo abranja, devido a provável limitação dos graus de liberdade disponíveis para análise. Direta ou indiretamente, os índices pluviométricos serão em geral a variável climática interanual predominante. Afirmar de que maneira poderão ser melhor medidos — diretamente, como o total de um período ou uma série de totais de subperíodos, ou indiretamente, através de alguma configuração da umidade do solo de um subpe-

(2) Teoricamente, não há conflito entre as abordagens tradicionais e as bayesianas. O conflito surge da forma mecânica e impensada pela qual os níveis de significância são em geral escolhidos (WINKLER, 1972).

ríodo ou de índices de tensão da planta — dependerá da situação específica (ver, por exemplo, NIX e FITZPATRICK, 1969). Quaisquer que sejam as medidas quantitativas usadas, estas poderão ser incluídas na análise, preferentemente através de regressão. No caso de outras variáveis exógenas, como a incidência de doenças e pragas, é possível que medidas quantitativas objetivas não se encontrem tão facilmente à disposição. Neste caso, cumpre construir índices subjetivos, de modo a estabelecer uma base para análise quantitativa, conforme mostrou ROUMASSET (1974). Por conseguinte, é importante não apenas que as experiências sejam multianuais, de modo a captar a variabilidade na produção causada por clima, pragas e doenças, como também que se faça uma adequada mensuração dessas variáveis exógenas, a fim de possibilitar a análise de sua influência. De posse de tais informações (interação entre produção de grãos, uso de fertilizante nitrogenado e índices pluviométricos, por exemplo), os agricultores poderão tomar a melhor decisão no tocante ao uso de insumos controláveis (como o fertilizante nitrogenado). Cabe observar, entretanto, que as informações quantitativas a respeito da influência de variáveis não controláveis, como o clima, não dizem diretamente aos agricultores o que fazer. Não dispondo de uma previsão perfeita acerca dos níveis de clima, doenças, pragas ou preços de mercado que deverão prevalecer, os agricultores podem apenas formular juízo a respeito da melhor estratégia a seguir (ANDERSON et al, 1976). Por esse motivo, é igualmente importante que, juntamente com os resultados de experiências multianuais, os agricultores contem com opinião abalizada sobre as distribuições de probabilidade de variáveis como clima, doenças, pragas e preços de mercado.

Da mesma forma que caracteristicamente falham em acomodar os riscos agrícolas em suas experiências, os pesquisadores em geral têm relatado suas experiências de maneira ineficiente no que diz respeito à avaliação de risco. A modalidade tradicional de elaborar relatórios experimentais com ênfase em formas de tratamento, coeficientes de regressão e asteriscos está longe do ideal bayesiano de proporcionar o que se conhece por “estatísticas suficientes”. Trata-se de estatísticas que resumem todas as informações de uma amostragem, de modo que qualquer estatística ou dado adicional seja não informativo. De posse de estatísticas suficientes, é possível combiná-las com dados antecedentes, a fim de se chegar a uma distribuição posterior para o processo investigado — uma etapa essencial para os adeptos bayesianos dos resultados experimentais. A constituição de conjunto de estatísticas suficientes depende do processo, da técnica estatística e da natureza da distribuição de probabilidades considerada funcional (ANDERSON, 1971). Para a experimentação tipo “Sim/Não?”, os tamanhos da amostra, as médias e as variações são em geral suficientes. Para a experimentação tipo “Quanto?”, com a pressuposição usual de erros naturais, basta relatar os coeficientes de regressão previstos, a matriz da variância-covariância, o quadrado médio do erro e o tamanho da amostra. Para a informação do agricultor, é importante que haja um relato completo da produção do ano ou da estação (inclusive os fracassos), assim como os resultados médios de

experiências multianuais. Fazendo a combinação desses dados com seu próprio juízo prévio, os agricultores estarão melhor habilitados para julgar a probabilidade subjetiva das incertezas com que se defrontam.

Resumindo, não se tem dúvida de que seria extremamente útil para os fazendeiros se, ao planejarem o projeto, a análise e o relatório de suas experiências, os pesquisadores agrícolas fizessem a si mesmos esta pergunta: "Qual a melhor maneira de trabalhar, para que os dados que venha a obter sejam de utilidade máxima para os agricultores, dadas as condições sob as quais os mesmos devem operar?". É de se esperar que muito raramente a resposta coincidiria com o paradigma tradicional. Em termos mais francos ainda, poder-se-ia dizer que a demanda de asteriscos, a nível do agricultor, é muitíssimo pequena.

4. MODELAGEM DE SISTEMAS

Uma alternativa para as experiências multianuais como meio de avaliar os riscos da produção agrícola é o uso da modelagem simulada de sistemas de produção. Nos últimos anos tem aumentado o uso dessa abordagem (ANDERSON, 1974; DENT e ANDERSON, 1971), à medida que os técnicos agrícolas se orientam cada vez mais para computação e modelo, o que possui as mesmas atrações óbvias, ao possibilitar a experimentação sem o uso de recursos de campo e pela facilidade com que as simulações de multiperíodos podem ser feitas. Não representa, entretanto, um substituto para as experiências de campo. Ao contrário, trata-se de um complemento, uma vez que a pesquisa de campo é necessária ao estabelecimento das relações a serem usadas na modelagem. Pressupondo-se que tais relações sejam estabelecidas de forma razoável, a simulação de sistemas pode ser de tal maneira conduzida que se constitui em excelente mecanismo para fornecer aos agricultores informações sobre o problema de distribuição de probabilidades de produção e receita com que se defrontam. Para adequadamente realizá-la é necessário que o modelo da simulação seja estocástico, pelo menos até o ponto em que reflitam as principais influências estocásticas do sistema que está sendo simulado. Com raras exceções (ANDERSON, 1975), tal não tem ocorrido até agora.

Quer se trate de um micro-sistema (crescimento da planta, por exemplo), ou de um macro-sistema (uma fazenda inteira, por exemplo), os modelos não conseguem refletir cabalmente a realidade. De forma consciente, incluem apenas os aspectos vistos como importantes. Mantém-se aqui o ponto-de-vista de que a variabilidade é importante para os agricultores, devendo refletir-se na modelagem. Trata-se nada mais do que o reconhecimento do Princípio de Incerteza da Modelagem formulado por MIHRAM (1972), relativamente a que "na modelagem o refinamento leva à exigência de possibilidade estocástica", e ampliado por ANDERSON

(1975), quando diz que “os sistemas são sentidos e medidos como essencialmente estocásticos, devendo os modeladores reconhecer esse aspecto da realidade”

Na prática isso quer dizer que os modeladores devem afastar-se da abordagem determinista usual de incluir todas as variáveis estocásticas em seu nível mediano (ou modal). Pelos menos as mais influentes dentre essas variáveis (especialmente condições atmosféricas, e preços quando relevantes) devem ser representadas por suas distribuições de probabilidade (3) e pelos valores do produto (output) obtidos por amostragem.

Do ponto-de-vista do agricultor, há duas razões por que a modelagem de sistemas deve ser estocástica (ANDERSON, 1975). Em primeiro lugar, para que sejam absolutamente realistas, os modelos de simulação devem ser, de modo geral, não lineares. Em consequência, a colocação das variáveis em seu nível médio (ou modal) não produzirá resposta média (ou modal). Em segundo lugar, os agricultores não são caracteristicamente indiferentes ao risco. Desejam conhecer não só a resposta média, como também, pelo menos, sua variabilidade. Isso implica que (i) os modelos de simulação de sistemas sejam estocásticos e se produzam amostragens suficientes para gerar uma estimativa da distribuição de probabilidade (ou pelo menos da média e variação) da resposta, ou (ii) que a função de utilidade do responsável pela decisão esteja inserida num modelo estocástico de modo que o produto (output) médio, em termos de utilidade prevista, se encontre imediatamente disponível como um indicador de escolha (DILLON, 1971). Entretanto, esta última abordagem, baseada em utilidade, não é de proveito geral, uma vez que a utilidade é específica do agricultor.

Em resumo, se a possibilidade estocástica for ignorada na pesquisa de modelagem de sistemas, o risco agrícola será seriamente subestimado e os agricultores estarão mal servidos pela modelagem de sistemas.

5. ANÁLISE E PREVISÃO ATMOSFÉRICA

Ninguém precisa dizer que as condições atmosféricas são um negócio arriscado, muito menos aos agricultores. Não obstante, há uma série de pontos que devem ser assinalados, a respeito da incerteza atmosférica.

Em primeiro lugar, em termos de previsão do tempo, acredita-se que seria útil para os agricultores que as previsões atmosféricas fossem probabilísticas (“trinta

(3) Julgadas subjetivamente com base em toda e qualquer informação disponível.

por cento de probabilidade de chuva nos próximos dois dias”, ao invés do categórico “tempo bom nos próximos dois dias”). A previsão probabilística, naturalmente, não está isenta de problemas, porém deve-se manter a esperança de que, com pesquisa continuada, será possível suplantá-los (MURPHY e WINKLER, 1971, 1974).

Em segundo lugar, conforme acima sugerido, a inclusão de condições atmosféricas na modelagem simulada de sistemas agrícolas deve refletir a sua natureza estocástica. A simulação deve levar em conta qualquer correlação acentuada de condições atmosféricas com tempo e, no caso de modelos multi-regionais, correlação espacial.

Em terceiro lugar, considerando que as condições atmosféricas representam na produção agrícola uma variável exógena muito influente, ainda que incerta, deve ser matéria para muito mais pesquisa do que a que se processa no momento. De modo especial, cumpre haver um aumento acentuado da pesquisa de previsão e alteração atmosféricas (ver, por exemplo, HOWARD et al, 1972). Conforme trabalho realizado por BYERLEE e ANDERSON (1969) sugere, o valor potencial até mesmo de aperfeiçoamentos marginais na segurança da previsão é altamente expressivo, em termos de maior destinação de recursos por parte dos agricultores que se defrontam com riscos representados por condições atmosféricas. Da mesma forma, deverá pagar dividendos muito altos o desenvolvimento de modelos de simulação de culturas orientadas para clima, de natureza geral, os quais poderiam ser utilizados para avaliar o potencial de culturas alternativas em qualquer ponto da terra (ANGUS et al., 1974). Paralelamente a esse trabalho, deveria ser incrementada a pesquisa das relações históricas entre condições atmosféricas e produção. No momento, há disponibilidade de boas informações sobre condições atmosféricas relativamente a importantes regiões do mundo, as quais cumpre correlacionar com dados de produção. Isso não só proporcionaria uma base econômica para a análise do risco atmosférico e sua atenuação, como facilitaria o atendimento das exigências de dados na modelagem de simulações.

6. SITUAÇÕES DE ESCASSEZ DE DADOS

Por situação de escassez de dados infere-se uma situação em que são necessárias uma ou mais estimativas, havendo, porém, disponibilidade insuficiente de dados de modo a permitir o uso dos processos tradicionais de cálculo estatístico. Em situações dessa natureza, a objetividade científica concluiria que nada mais se poderia fazer a não ser — se se tratasse de matéria importante — por os recursos para funcionar a fim de produzir os dados necessários. O resultado, neste caso, é uma decisão adiada e atrasada. Na prática, naturalmente, se os custos do adiamento

são elevados, uma estimativa imediata será feita de algum modo, não obstante a escassez de dados e a objetividade científica. Esse procedimento, que faz uso de julgamento subjetivo, é completamente bayesiano. Reflete uma avaliação econômica (a) dos custos e benefícios do uso hoje de uma estimativa subjetiva, com suas possibilidades de erro, versus (b) os custos e benefícios de adiar ou nada fazer. Poucos argumentariam contra a legitimidade e a exigência freqüente de recorrer a tal abordagem. Entretanto, com excessiva freqüência, os cientistas agrícolas fogem desse tipo de julgamento em sua pesquisa.

Em decorrência da natureza do trabalho de que se ocupam, os economistas agrícolas têm maior inclinação ou oportunidade para trabalhar em situações de dados escassos. Para as finalidades deste trabalho, podem elas classificar-se como situações em que é necessária uma estimativa por ponto ou situações em que é necessária uma estimativa por distribuição de probabilidades.

De modo geral, as estimativas por ponto fazem-se necessárias no trabalho de análise de políticas e mercado, assim como no planejamento agrícola. Por alguma razão — necessidade, provavelmente, e falta de opções para acesso a situações de disponibilidade de dados adequados, — o uso de estimativas por ponto subjetivas, baseadas em dados escassos, é bem aceita na análise de política e mercado. Entretanto, no trabalho de planejamento agrícola, a tradição parece caminhar em outra direção, voltando-se à tendência dos economistas agrícolas para evitar situações de planejamento em que há escassez de dados. Considerando ser comum que tais situações se relacionem com os agricultores mais carentes de assistência e da pesquisa com maior freqüência, a decisão acertada deveria ser a realização da pesquisa apesar da parcimônia de dados. Exemplificando, os economistas agrícolas não deveriam hesitar ou constranger-se em sintetizar novas tecnologias de produção para avaliação econômica, baseadas em toda e qualquer informação que possam recolher. No mínimo tais análises proporcionarão diretrizes para possíveis pesquisas de campo; comumente levarão à realização de testes agrícolas dos produtores inovadores. Em qualquer caso, os resultados serão provavelmente bem mais proveitosos do que simplesmente esperar que os cientistas agrícolas apareçam com novas tecnologias de base experimental, para avaliação econômica. Além disso, com demasiada freqüência os responsáveis pelo planejamento agrícola confiam excessivamente nos dados históricos, como se aos mesmos fosse dado algum *imprimatur* de verdade, pelo simples fato de serem históricos, podendo-se citar, como exemplo, os coeficientes de insumo-produto nas análises de programação. Com o reconhecimento da natureza estocástica de sua origem, todos esses dados históricos deveriam ser avaliados subjetivamente e ajustados à luz dos conhecimentos gerais sobre o processo em tela.

Tudo isso não quer dizer que os julgamentos subjetivos de estimativas por ponto deixem de ter seus perigos e devam ser feitos de maneira casual. Quando justificável, a apreciação de tais riscos pode ser feita através de análise de sensibilidade.

As estimativas por ponto desejadas são comumente a média e a moda. Para análises mais minuciosas implicando avaliação de risco, far-se-ão necessárias informações sobre a distribuição de probabilidade da variável de dados escassos. Se não houver disponibilidade de dados consistentes, o cálculo da distribuição de probabilidade ou de seus parâmetros deverá ser completamente subjetivo. É mais comum, entretanto, haver disponibilidade de observações de natureza histórica. Se estas forem em número limitado, digamos entre 3 e 12, as normas para o cálculo da distribuição de probabilidade no caso de dados escassos, sugeridas por ANDERSON (1973, 1974) e ANDERSON et al (1976), poderão ser usadas. A base para essa abordagem é a regra estatística não paramétrica do que "se uma amostragem de n observações é retirada de alguma distribuição e disposta por ordem de tamanho, a K -ésima observação será uma estimativa razoável do fractil $k/(n + 1)$ da distribuição" (SCHLAIFER, 1959, p. 104). Uma função ajustada de distribuição cumulativa pode ser, então, observada através das estimativas do fractil, orientadas (geralmente) pelo conhecimento do intervalo provável ou dos limites variáveis da distribuição. Exemplos a respeito podem ser encontrados nas referências acima citadas. Feita sua estimação, tais distribuições de probabilidade poderão ser usadas diretamente nas análises de eficiência de risco ou no cálculo dos parâmetros desejados da distribuição de probabilidade (ANDERSON et al., 1976).

O que é certo, nas situações de dados escassos, é que estes sempre estarão ao nosso dispor. Sua manipulação, tendo por base um cuidadoso julgamento subjetivo, deve ser reconhecida, portanto, como parte da bagagem regular e da metodologia de trabalho dos economistas agrícolas (e de outros cientistas). Deixar de assim proceder implica pôr de lado muitos dos problemas reais do mundo agrícola.

7. TEORIA DA PRODUÇÃO

Da mesma forma que o risco do agricultor tem sido caracteristicamente ignorado ou indevidamente tratado pelos cientistas agrícolas em suas experiências de campo, os economistas agrícolas de modo geral têm ignorado o impacto da incerteza em suas análises das relações insumo-produto e da estimação de recursos baseada na teoria neoclássica da produção (HEADY e DILLON, 1961). Conforme ANDERSON et al., (1976), DILLON (1976) e MAGNUSSON (1969) assinalam que, a teoria do risco da produção é bastante complexa algebricamente. Entretanto, sua mensagem global é simples, estando em consonância com a intuição: pressupondo-se rendimentos decrescentes a um responsável pela decisão avesso a risco, o risco atua como atrito à produção, induzindo ao uso de recursos em menor nível do que o que prevaleceria fossem outras as circunstâncias.

O caso de um único insumo variável e de um único produto dá uma ilustração bem simples. Chamando de v o nível de decisão do insumo variável e de p_v seu suposto preço, de y o nível incerto do produto (output) e p_y seu preço incerto, de F os custos fixos e de x o lucro, tem-se

$$(1) \quad x = p_y y - p_v v - F$$

Supondo que y e p_y são estocasticamente independentes, tem-se o lucro previsto de

$$(2) \quad E(x) = E(p_y) g(v) - p_v v - F$$

em que $g(v)$ é uma função empírica relacionando a média de y a v . De forma semelhante, a variância de lucro é dada por

$$(3) \quad V(x) = [E(p_y)]^2 h(v) + [g(v)]^2 V(p_y) + V(p_y) h(v)$$

em que $h(v)$ é uma função empírica relacionando a variação de y a v .

Usando a aproximação de séries feita por TAYLOR da função de utilidade do agricultor (avesso a risco), tem-se

$$(4) \quad U = U[E(x)] + U_2[E(x)] V(x)/2$$

Substituindo $E(x)$ e $V(x)$ nesta equação e tomando a derivada referente a v , a condição de primeira ordem para nível máximo é a de que

$$(5) \quad P_v = E(p_y) dE(y)/dv - (REDQ) \{ [E(p_y)]^2 + V(p_y) \} dV(y)/dv \\ + 2V(p_y) E(y) dE(y)/dv$$

Nesta equação

$$(6) \quad REDQ = - [\delta U / \delta V(x)] / [\delta U / \delta E(x)]$$

e é a negativa da taxa marginal de substituição entre $E(x)$ e $V(x)$. MAGNUSSON (1969) deu-lhe a denominação de Quociente Diferencial de Avaliação de risco (**Risk Evaluation Differential Quotient — REDQ**). A condição de primeira ordem para o v ótimo da equação (5) é explicada com a maior facilidade, fazendo-se mais a suposição de que p_y não é estocástico, de modo que $E(p_y) = p_y$ e $V(p_y) = 0$. A equação (5) reduz-se, então para

$$(7) \quad p_v = p_y dE(y)/dv - (REDQ) [p_y^2 dV(y)/dv]$$

que diz ter-se v ótimo quando o custo marginal do fator (isto é, o preço do insumo) é igual ao valor do produto marginal previsto, menos uma dedução de risco marginal, que depende da função de utilidade do responsável pela decisão e da variação marginal da receita. A complexidade adicional da equação (5) em relação à equação (7) resume a complexidade algébrica da teoria da produção sujeita a risco. Tal complexidade aumenta, é claro, à medida que se introduzem produtos múltiplos, não independência do produto (output) e de seu preço, momentos mais altos da distribuição de probabilidade de lucro, preços de fator sujeitos a risco etc. Basta observar que, no mínimo, a equação (7) se generaliza imediatamente para

$$(8) \quad p_i = p_y \delta E(y)/\delta v_i - (\text{REDQ}) [p_y^2 \delta V(y)/\delta v_i], \quad i = 1, \dots, k,$$

no caso de k variáveis de fatores de insumo.

Como ilustração simples do acima exposto, suponha-se que um agricultor planeje plantar 100 ha de milho e que suas preferências de risco quanto a lucro sejam representadas por

$$(9) \quad U = x - 0,00003 x^2.$$

Com base em dados de testes de campo, os riscos que acredita estar correndo são representados por

$$(10) \quad E(y) = 5.000 + 32,5N - 0,125N^2$$

$$(11) \quad V(y) = 700.000 + 10.000N$$

em que y é kg/ha de milho a \$ 0,04/kg e N é kg/ha de nitrogênio a \$ 0,30/kg. Essas equações correspondem, respectivamente, a $g(v)$ e $h(v)$ das equações (2) e (3). Fazendo a substituição da equação (7) e admitindo o fato de que há interesse em 100 ha, de modo que $E(x)$ e $V(x)$ das equações (2) e (3) devam ser multiplicados por 100 e 100^2 , respectivamente, obtém-se um N ótimo de cerca de 65 kg/ha. Isto se compara ao nível de 100 kg/ha que maximiza o lucro esperado. Observe-se também que, ao contrário da análise baseada na teoria neoclássica da produção sem risco, o uso de um esquema de utilidade conduz à decisão ótima influenciada tanto pelo nível de custos fixos como pelo tamanho da operação.

A análise acima feita de produção sujeita a risco também traz à luz uma série de questões de política no tocante à destinação de recursos (ANDERSON et al., 1976; McARTHUR e DILLON, 1971). Consoante sua formação, o Estado pode adotar uma perspectiva a longo prazo e uma programação muito diversificada de atividades. Neste caso, poderá ser de seu interesse que os produtores ajam individualmente, no sentido de maximizar o lucro previsto, ao invés da sua utilidade pre-

vista. O Estado pode incentivar esta meta por meio de políticas destinadas a eliminar ou reduzir o risco, ou políticas que impliquem subsídios a insumo ou produto, cuja tendência seria fazer com que os produtores avessos a risco destinassem recursos em níveis de maximização do lucro esperado. Todas essas políticas implicariam custos (inclusive administrativos) que teriam de ser comparados aos benefícios advindos para o Estado, de modo a verificar se alguma diretriz seria particularmente favorável. Assim, no exemplo empírico dado acima, um subsídio de \$ 0,48/kg ao nitrogênio induziria o agricultor a utilizar o nível de maximização de lucro esperado de N de 100 kg/ha. O subsídio ao agricultor para 100 ha de cultura seria de \$ 4.800. Para esse custo, o lucro esperado do agricultor aumentaria em \$ 5.450, dando ao Estado um benefício líquido esperado de \$ 650 (supondo-se zero de custo administrativo e uma elasticidade perfeita no fornecimento de N e na procura de milho). Uma dificuldade de ordem prática em todas as políticas orientadas para risco é, naturalmente, a de que enquanto a grande maioria dos agricultores é avessa a risco, seu grau de aversão não é o mesmo.

Obviamente, a produção sob risco é uma área de pesquisa importante, até agora mal tocada pelos economistas agrícolas em seu trabalho empírico. É, no entanto, evidente que, tanto a nível de decisão do agricultor, como ao de formulação de política, o risco se afigura como elemento que não deve ser desprezado.

8. AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA

Na grande maioria da agricultura mundial, o risco é tão importante que deve representar um elemento essencial no planejamento agrícola e na avaliação tecnológica. De particular importância são os julgamentos subjetivos do próprio agricultor acerca das incertezas com que se defronta e, de modo especial, dos riscos no tocante à nova tecnologia. Esses julgamentos pessoais de probabilidade representam um elemento importante para explicar as diferentes taxas de adoção da nova tecnologia por parte dos agricultores e a sua reação à mesma. Até o momento, os economistas agrícolas têm dispensado atenção insuficiente às questões de risco associado à nova tecnologia. Pior ainda, na avaliação desta, a ênfase de modo geral continua a recair na abordagem orçamentária parcial de comparar tecnologias com base no confronto entre o que é velho e novo.

Economicamente, uma nova tecnologia só pode ser avaliada de maneira adequada, dentro de um contexto da fazenda como um todo. Isto por causa das demandas competitivas entre as tecnologias, pelos limitados recursos da fazenda e dos diferentes riscos associados às tecnologias. Em outras palavras, o problema do

agricultor é selecionar um conjunto ou uma programação tecnológica que melhor atenda à sua escolha entre conseqüências possíveis de risco. Entre miríades de planos agrícolas (isto é, combinações de diferentes níveis de diferentes tecnologias), que poderia seguir este ano, qual lhe seria mais conveniente tendo em vista seu grau de convicção pessoal e sua preferência, entre possíveis resultados? Um modelo razoavelmente generalizado desse problema de planejamento agrícola anual poderia ter a seguinte apresentação:

Definindo uma tecnologia como determinado método de produzir determinado produto, a j -ésima tecnologia T_j é especificada pelo vetor $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{mj})$ em que $a_{ij} (\geq 0)$ é a exigência do i -ésimo recurso por unidade da j -ésima tecnologia, sendo medido em relação a algum recurso específico usado pela tecnologia, como hectare de terra, por exemplo. Com n tecnologias disponíveis (4) e usando x_j para indicar o nível de T_j no plano do agricultor, o problema deste é escolher a combinação de tecnologias.

$$(12) \quad \underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

a fim de maximizar sua utilidade de lucro agrícola líquido

$$(13) \quad U(\underline{x}) = E U\left(\sum_{j=1}^n x_j r_j - F\right)$$

sujeita a $x_j \geq 0$, às limitações dos recursos e, se desejável, a alguma restrição de probabilidade do tipo "segurança em primeiro lugar". Na equação (13), $U(\cdot)$ é a função de utilidade bernouilliana do agricultor, E é o operador da expectância, r_j é o retorno líquido por unidade de T_j seguindo a distribuição de probabilidade subjetiva $f(r_j)$ e F é o custo fixo (presumido como certo). Embora seja possível estabelecer a função objetivo da equação (13) em termos de funções de produção não lineares, de modo que os coeficientes de insumo-produto a_{ij} variam com x_j , o modelo seria tão complexo algebricamente que na prática não seria manejável. Por conseguinte, como aproximação, cumpre supor que a_{ij} são constantes sobre determinado intervalo. Para a exequibilidade do modelo, outras suposições além das mencionadas são também necessárias, como por exemplo, um número finito de tecnologias disponíveis e nenhum efeito complementar ou antagônico entre tecnologias. Tais suposições não devem ser causa de erros crassos. Também seria possível simplificar consideravelmente o modelo, pela suposição de uma função de utilidade linear, isto é, indiferença ao risco, para que a suposta meta do agricultor fosse a maximização do lucro previsto. Entretanto, prosseguir até esse ponto seria de modo geral bastante irrealista e daria oportunidade para erro significativo.

(4) Incluindo, se necessário, novas tecnologias de natureza sintética, baseadas em julgamento subjetivo.

Ao escolher um plano agrícola, os fazendeiros intuitivamente solucionam esquemas como os apresentados nas equações (12) e (13). À maneira dos bons futebolistas que, por intuição, resolvem complexas equações diferenciais em suas jogadas, alguns agricultores saem-se melhor que outros.

Embora ainda não utilizada extensivamente, um série de abordagens formais do planejamento da fazenda como um todo, sob condições de risco, já foi sugerida. As proposições que mais se evidenciam são: programação linear comum, com base nos valores r_j médios e na suposição de indiferença a risco; programação teoria dos jogos (McINERNEY, 1969), que pressupõe a impossibilidade de especificar probabilidades para os r_j ; programação de risco quadrático (ANDERSON et al., 1976), que ressalta a eficiência do risco em função da média e variância do lucro agrícola; programação MOTAD ou de desvio absoluto mínimo (HAZELL, 1971), que fornece uma aproximação da programação linear com a de risco quadrático; programação condicionada "de perda de foco" (BOUSSARD e PETIT, 1967) e programação do tipo "segurança em primeiro lugar" (BENITO, 1975), que supõem ter o agricultor uma função de utilidade lexicográfica dotada de um requisito principal de segurança de lucro, em algum nível de probabilidade, e de um secundário de maximização do lucro previsto ou de utilidade do lucro; e programação REMP ou Monte Carlo de eficiência de risco (ANDERSON, 1975; ANDERSON et al., 1976), que usa critérios de predomínio estocástico para avaliar planos agrícolas aleatoriamente gerados. Todas essas abordagens podem ser vistas como tentativas de aproximação do modelo mais generalizado das equações (12) e (13), de uma forma manejável. Acredita-se que os melhores modelos, em termos de maneabilidade e razoabilidade, no tocante à captação do risco envolvido, são o MOTAD e o REMP. Esses dois processos permitem amplo âmbito para o uso de probabilidades subjetivas na especificação da distribuição das probabilidades de lucro para planos agrícolas específicos. É igualmente importante o fato de que os mesmos reconhecem as opções de escolha de programa configuradas no problema do agricultor com respeito à seleção e avaliação tecnológica.

9. CONCLUSÃO

Este trabalho se iniciou com a declaração incontestável de que "em agricultura as probabilidades existem em profusão". Conseqüentemente, os fazendeiros necessitam de informações sobre as distribuições de probabilidade com que se defrontam e sobre as implicações das mesmas. Entretanto, até agora grande parte da pesquisa agrícola não reconheceu de forma adequada o ambiente probabilista em que os fazendeiros devem agir. Por abordar alguns tópicos e aspectos específicos da pesquisa, pode-se esperar que este trabalho contribua para melhorar essa situação e assegurar aos agricultores melhor proveito dos gastos feitos em pesquisa.

Abstract: The main conclusion of the present paper is that, while the farmers approach the uncertainty factor quite well, the agricultural researchers fail to incorporate satisfactorily such a factor in their studies. In the attempt to reach scientific objectivity, the Scientists assume uncertainty to be out of their approach, or utilize the irrelevant and unsuitable economic concept of objective probability. In contrast, the farmer deals with uncertainty in a simple and adequate way, perhaps because of his proximity to nature or market conditions and due to the vital importance of his own decisions. Thus, he assumes personal or subjective probabilities, where the decision basis is given by the degree of his own conviction associated with his preference for some results. This report analyses some areas of agricultural research in order to stress the unsuitability of the traditional scientific approach. There are some remarks on the probability concept as well as about some difficulties coming from its use in projections, analyses and reports of experiences; simulation models for agricultural systems; weather analysis and forecast; lacking data situations; production theory; and technological evaluation and annual planning.

10. REFERÊNCIAS

01. ANDERSON, J. R. "Guidelines for Applied Agricultural Research: Designing, Reporting and Interpreting Experiments", **Review of Marketing and Agricultural Economics**, Vol. 39, No. 3 (Setembro de 1971), p. 3-14.
02. "Sparse Data, Climatic Variability, and Yield Uncertainty in Response Analysis", **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 55, No. 1 (Fevereiro de 1973), p. 77-82.
03. "Sparse Data, Estimational Reliability and Risk-Efficient Decisions", **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 56, No. 3 (Agosto de 1974), p. 564-72.
04. "Simulation: Methodology and Application in Agricultural Economics", **Review of Marketing and Agricultural Economics**, Vol. 42, No. 1 (Março de 1974), p. 3-55.
05. "Essential Probabilistics in Modelling", **Agricultural Systems**, Vol. 1 (1975), no prelo.
06. "Programming for Efficient Planning against Non-Normal Risk", **Australian Journal of Agricultural Economics**, Vol. 19, No. 2 (Agosto de 1975), no prelo.
07. ANDERSON, J. R., J.L. DILLON e J. B. HARDAKER. **Agricultural Decision Analysis** (Iowa State University Press, Ames, 1976).
08. ANGUS, J. F., J. J. BASINSKI e H. A. NIX. "Weather Analysis and Its Applications of Production Strategies", Divisão de Pesquisa de Uso da Terra, C.S.I.R.O., Camberra, 1974.
09. BENITO, C.A. "Peasants' Response to Modernization Projects in Minifundia Economics", Documento de Trabalho No. 5 de Projeto de Desenvolvimento Rural, Departamento de Economia Agrícola, Universidade de Califórnia, Berkeley, 1975.

10. BOUSSARD, J.M. & M. PETIT. "Representation of Farmers' Behavior under Uncertainty with a Focus-Loss Constraint", **Journal of Farm Economics**, Vol. 49, No. 4 (Novembro de 1967), p. 869-80.
11. BYERLEE, D.R. e J. R. ANDERSON. "Value of Predictors of Uncontrolled Factors in Response Functions", **Australian Journal of Agricultural Economics**, Vol. 13, No. 2 (Dezembro de 1969), p. 118-27.
12. de FINETTI, B., "Probability: Interpretations", na **International Encyclopedia of the Social Sciences** (Macmillan, Nova York, 1968), Vol. 12, p. 496-504.
13. **Probability and Induction: The Art of Guessing** (Wiley, Nova York, 1972).
14. DENT, J. B. e J. R. ANDERSON (eds), **Systems Analysis in Agricultural Management** (Wiley, Nova York, 1971).
15. DILLON, J. L. "Economic Considerations in the Design and Analysis of Agricultural Experiments", **Review of Marketing and Agricultural Economics**, Vol. 34, No. 2 (Junho de 1966), p. 64-75
16. **The Analysis of Response in Crop and Livestock Production** (Pergamon, Oxford, 2nd. edn., 1976).
17. "Interpreting Systems Simulation Output for Managerial Decision Making", em J.B. DENT and J.R. ANDERSON (eds), **Systems Simulation in Agricultural Management**, (Wiley, Nova York, 1971), p. 85-120.
18. "An Expository Review of Bernoullian Decision Theory in Agriculture", **Review of Marketing and Agricultural Economics**, Vol. 39, No. 1 (Março de 1971), p. 3-80.
19. DILLON, J.L. e R.R. OFFICER. "Economic and Statistical Significance in Agricultural Research and Extension: A Pro-Bayesian View", **Farm Economist**, Vol. 12, (1971), p. 31-45.
20. FLINN, J. C. "The Simulation of Crop-Irrigation Systems", em J.B. DENT e J.R. ANDERSON (eds), **Systems Simulation in Agricultural Management** (Wiley, Nova York, 1971), p. 123-51.
21. HADLEY, G. "Introduction to Probability and Statistical Decision Theory (Holden-Day, São Francisco, 1967).

22. HAZELL, P.B.R. "A Linear Alternative to Quadratic and Semivariance Programming for Farm Planning under Uncertainty", **American Journal of Agricultural Economics**, VI. 53, No. 1 (Fevereiro de 1971), p. 53-62.
23. HEADY, E.O. e J. L. DILLON. **Agricultural Production Functions**. (Iowa State University Press, Ames, 1961).
24. HOWARD, R.A., J.E. MATHESON e D. W. NORTH. "The Decision to Seed Hurricanes", **Science**, Vol. 176 (1972), p. 1.191-202.
25. LIN, W., G.W. DEAN e C.V. MOORE. "An Empirical Test of Utility vs. Profit Maximization in Agricultural Production", **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 56, No. 3 (Agosto de 1974), p. 497-508.
26. MAGNUSSON, G. **Production under Risk: A Theoretical Study** (Almqvist & Wiksells, Uppsala, 1969).
27. McARTHUR, I.D. e J.L. DILLON. "Risk, Utility and Stocking Rate", **Australian Journal of Agricultural Economics**, Vol. 15, No. 1 (Abril de 1971), p. 20-35.
28. McINERNEY, J.P. "Linear Programming and Game Theory Models – Some Extensions", **Journal of Agricultural Economics**, Vol. 20, No. 2 (Maio de 1969), p. 269-78.
29. MIHRAM, G.A. **Simulation Statistical Foundations and Methodology** (Academic Press, Nova York, 1972).
30. MINHAS, B.S., K. S. PARIKH e T. M. SRINIVASM, "Toward the Structure of a Production Function for Wheat Yields with Dated Inputs of Irrigation Water", **Water Resources Research**, Vol. 10 (1974), p. 383-93.
31. MITROFF, I.I. "The Myth of Objectivity or Why Science Needs a New Psychology of Science", **Management Science**, Vol. 18 (1972), p. B613-8.
32. MURPHY, A.H. e R.L. WINKLER. "Forecasters and Probability Forecasts: Some Current Problems", **Bulletin of the American Meteorological Society**, Vol. 52 (1971), p. 239-47.
33. "Probability Forecasts: A Survey of National Weather Service Forecasters", **Bulletin of the American Meteorological Society**, Vol. 55 (1974), p. 1.206-16.

34. NIX, H.A. e E.A. FITZPATRICK. "An Index of Crop Water Stress Related to Wheat and Grain Sorghum Yields", *Agricultural Meteorology*, Vol. 6 (1969), p. 321-37.
35. OFFICER, R.R. e A.N. HALTER. "Utility Analysis in a Practical Setting", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 50, No. 2 (Maio de 1968), p. 257-77.
36. RAO, P. e R.L. MILLER. *Applied Econometrics* (Wadsworth, Belmont, 1971).
37. ROUMASSET, J. "Estimating the Risk of Alternative Techniques: Nitrogenous Fertilization of Rice in the Philippines", *Review of Marketing and Agricultural Economics*, Vol. 42, No. 4 (Dezembro de 1974), p. 257-94.
38. SAVAGE, L.J. *Foundations of Statistics* (Wiley, Nova York, 1954).
39. SCHLAIFER, R. *Probability and Statistics for Business Decisions*. (McGraw-Hill, Nova York, 1959).
40. WILDER, R. L. *An Introduction to Bayesian Inference and Decision*. (Holt, Rinehart & Winston, Nova York, 1972).
41. ZELINER, A. *Introduction to Bayesian Inference in Econometrics*. (Wiley, Nova York, 1971).