

# Sistema de Informação Espacial e apoio à tomada de decisão

**George Sugai**

[sugai@cdt.unb.br](mailto:sugai@cdt.unb.br)

Dep. Matemática

Universidade de Brasília - UNB/CDT - Faculdade de Tecnologia

**Jogi Takechi**

[jogi@sede.embrapa.br](mailto:jogi@sede.embrapa.br)

EMBRAPA

**Prof. Dr. Paulo Menezes**

Dep. Geologia Aplicada

Universidade de Brasília - UNB/CDT - Faculdade de Tecnologia

**Prof. Dr. Francisco A. Nascimento**

Dep. Engenharia Elétrica

Universidade de Brasília - UNB/CDT - Faculdade de Tecnologia

**Phd. Y. Sugai**

EMBRAPA

## Resumo

O propósito deste projeto é desenvolver um sistema que possa avaliar os benefícios econômicos e os impactos ambientais quando da utilização de determinadas tecnologias no plantio.

Este é um projeto interdisciplinar colaborativo para desenvolver um sistema espacial de tomada de decisão para planejamento econômico e ambiental. Este sistema consiste de vários módulos de software, interfaces e informações desenvolvidas usando-se as mais recentes tecnologias em sistemas de informações geográficas e simulações (modelos matemáticos ambientais e econômicos).

O sistema é integrável e escalonável, sendo modular na concepção. Ele utiliza-se de um sistema de informação geográfica (GIS) para "linkar" os modelos econômicos, biológicos e hidrológicos.

O sistema poderá ser usado por fazendeiros, cooperativas e agências governamentais para identificar áreas geográficas específicas que possuem altas taxas de erosão de solo, sedimentação e escoamento de nutrientes e pesticidas. O sistema aqui em desenvolvimento será de especial ajuda para órgãos governamentais de política ambiental, que frequentemente precisam tomar decisões sem o benefício de informações detalhadas do impacto de suas ações e não possuem ferramentas analíticas para analisar outras alternativas. Já os fazendeiros, cooperativas e o governo terão informações do potencial econômico associado a utilização de determinadas tecnologias na agricultura conseguindo responder a questões como o que plantar, quando plantar e como plantar de maneira sustentável.

## 1. CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA AO SETOR AGROPECUÁRIO

O setor agropecuário está vivendo um amplo processo de transformação, motivado por um variado conjunto de fatores. Dentre estes, merecem destaque as pressões competitivas causadas pela abertura de mercados, o aumento das exigências dos consumidores com relação à qualidade dos produtos, as políticas de conservação do meio ambiente, as mudanças recentes na política econômica, notadamente as que afetam as taxas de juros e o câmbio, e as inovações tecnológicas.

Este ambiente econômico e social em transformação faz com que o produtor rural precise cada vez mais dar ao seu negócio um caráter empresarial. Para continuar no mercado, o empresário rural precisa otimizar a alocação de recursos, reduzindo custos. Precisa também gerenciar melhor as informações técnicas e econômicas relativas à sua atividade. Ademais, precisa incorporar ao negócio tecnologias que aumentem a sua competitividade. Neste sentido, a chamada "tecnologia da informação", entendida como o conjunto de desenvolvimentos tecnológicos baseados em computadores e telecomunicações, tem um papel relevante a desempenhar.

O fim da reserva de mercado para a informática no Brasil, a evolução tecnológica deste setor e o aumento da competição internacional são responsáveis pela observação de uma substancial redução nos custos de acesso à tecnologia da informação no país. Com efeito, os custos de Hardware tem diminuído cerca de 20% ao ano, em média, enquanto o poder computacional tem duplicado a cada 4 a 5 anos. A informática hoje mais barata e mais acessível, pode ajudar o produtor rural a enfrentar as pressões acima apontadas.

Aplicações da tecnologia da informação no setor agrícola tem sido desenvolvidas, em nível internacional, desde os primeiros anos em que os computadores se tornaram disponíveis comercialmente. Num primeiro momento, computadores de grande porte, geralmente baseados em Universidades, foram empregados para auxiliar o processamento de registros contábeis de propriedades rurais. Aplicações em planejamento agrícola, com o uso de técnicas de otimização, caracterizam também esta fase inicial. Com o desenvolvimento do setor, um significativo avanço foi observado particularmente no desenvolvimento de equipamentos computadorizados, empregados em áreas tais como controles de irrigação, ordenha mecânica, casas de vegetação, etc.

Apesar desse rápido processo, o fato é que a utilização da informática por produtores rurais é ainda muito incipiente, a julgar-se pelas informações disponíveis na literatura. É claro que os desenvolvimentos em Hardware incorporados aos equipamentos agrícolas são, em sua maioria, utilizados de forma transparente pelos produtores. Este tipo de uso dificilmente é captado pelas estatísticas convencionais. Mas a situação é diversa quando se trata do uso de computadores como ferramentas na propriedade rural, como mostra o quadro abaixo (Quadro 1), que resume algumas estimativas de índices de adoção por fazendeiros em diversos países da Europa e América.

País	Taxa de Adoção
Estados Unidos	27 %
Alemanha	10 %
Holanda	5 %
Itália	0.3 %
França	3 %
Suécia	7 %
Inglaterra	17 %
Dinamarca	12 %

Tabela 1: Estimativa de Utilização de Computadores em propriedades agrícolas na Europa e EUA.

Várias razões tem sido apontadas para estes baixos índices: custos ainda relativamente altos, dificuldades de uso, baixo nível cultural dos usuários, etc. Embora seja difícil refutar tais fatores, o fato é que o computador tem sido apreendido essencialmente como uma ferramenta gerencial. Assim é de se supor que aqueles produtores que realmente atribuem valor à função gerencial sejam os primeiros a adotar tecnologia. De fato, as diversas fontes responsáveis pelas taxas acima apresentadas indicam como motivação principal de uso as tarefas ligadas ao gerenciamento da propriedade agrícola.

Além do uso da informática nas propriedades agrícolas pelos próprios produtores, deve ser destacado o amplo espectro de aplicações no segmento de extensão rural, notadamente nos Estados Unidos da América. Munidos de computadores portáteis (notebooks), os extensionistas têm, em suas visitas, acesso imediato a recursos de informação e à ferramentas de planejamento e apoio à decisão capazes de aumentar sobremaneira a eficiência de seus serviços.

No Brasil, ainda são desconhecidos estudos que busquem quantificar, em caráter global, o nível de uso da informática no setor agropecuário. Esforços isolados, realizados quase sempre de forma não-científica, sugerem, contudo, um franco crescimento das taxas de adoção entre produtores mais tecnificados, notadamente os da área de suíno cultura, pecuária de leite e de corte e avicultura. Há estimativas que indicam que pelo menos 18% dos pecuaristas brasileiros já usam algum tipo de software para auxiliar o gerenciamento de suas atividades. Existem também relatos sobre o grau relativamente alto de informatização de empresas agrícolas especializadas na produção de laranja e soja. O tamanho, a capacidade financeira e o grau de instrução dos produtores são considerados como fatores decisivos para a adoção da tecnologia.

Na área de extensão rural no país, sabe-se da existência de programas e planos de adoção de tecnologia de informação como veículo de transferência de conhecimento ao produtor. No entanto, as dificuldades que a extensão vem enfrentando estão prejudicando a realização destes objetivos.

Do ponto de vista da oferta de software, sabe-se da existência de diversas empresas especializadas no desenvolvimento de produtos para a agropecuária. O catálogo elaborado pela EMBRAPA/UFJF em 1990 incluía 42 empresas, das quais 15 podem ser consideradas como especializadas. Levantamento complementar realizado na UNICAMP em 1993, apenas no estado de São Paulo, eleva este número para 26 empresas. Assim não é desprezível o número de empresas atuantes no setor.

Em termos de atividades de pesquisa, são poucos os grupos atuantes na área, no país. Em recente mapeamento dos grupos de pesquisa ano Brasil, o CNPq identificou apenas 10 grupos que se dedicam à esta temática. Destes, apenas 3 se ocupam de questões ligadas ao desenvolvimento de Hardware, enquanto que os demais se ocupam da área de software. Os grupos se localizam-se basicamente em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. A EMBRAPA, em particular, criou um centro de pesquisas especificamente dedicado ao setor, mas sua atuação é mais intensa na produção de ferramentas para o desenvolvimento de software. Teses de pós-graduação realizadas por estes grupos têm abordado a temática sob enfoques diversos, incluindo pesquisas sobre a oferta de software agrícola em São Paulo e o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, dentre outras aplicações.

Na área de desenvolvimento de hardware, são ainda mais escassas as informações. Contudo, a julgar-se pelo pequeno interesse demonstrado pelo tema no último congresso de Engenharia Agrícola, que tradicionalmente congrega os pesquisadores deste segmento, o país tem uma atuação muito limitada na área. Programas de pesquisa são conduzidos basicamente em São Paulo.

Segundo opinião de pesquisadores da área, neste segmento existem boas perspectivas para atividades de Ciência e Tecnologia que procurem desenvolver sistemas com aplicações em máquinas e processos já disponíveis, desde que os custos sejam mantidos baixos e que seja adequados às condições ambientais do país. A área crítica, ainda segundo pesquisadores, seria a disponibilidade de sensores e transdutores, pois a aquisição de dados via computador já é competitiva em termos de placas prontas.

Em síntese, apesar da ausência de informações precisas, pode se afirmar que existe um grande potencial de aumento da demanda por produtos e serviços da informática aplicada ao setor agropecuário, cujo atendimento irá demandar um esforço de ciência e tecnologia mais intenso do que o hoje observado.

## **2. INSTRUMENTO ECONÔMICO PARA A DECISÃO NA PROPRIEDADE AGRÍCOLA**

Do desempenho do setor agrícola depende a realização dos objetivos macroeconômicos de qualquer sociedade moderna. A evolução da agropecuária influencia direta e indiretamente o processo de crescimento econômico. Uma oferta adequada de alimentos e de matérias-primas por parte da agricultura aos demais setores ( fibras, grãos para processamentos etc...) é um pré - requisito básico para a estabilidade de preços na economia. A agropecuária pode e deve ainda contribuir significativamente para o equilíbrio da Balança de Pagamentos e para manter elevado o nível de emprego.

No estágio de desenvolvimento em que se encontra o Brasil, a participação da agropecuária é extremamente importante para o bem-estar da sociedade e para a paz social. Particularmente na crise em que vive o País neste primeiro quinquênio da década dos 90. É dentro deste contexto que deve ser colocada a contribuição da agricultura como uma "saída para a crise". É preciso que a agricultura produza alimentos, fibras e outros insumos para os demais setores, a um nível adequado e compatível com as necessidades da sociedade.

De que(m) depende o volume de produto agrícola num dado período considerado ? Alguns fatores não são controláveis, como a falta de terras agricultáveis e, principalmente, as intempéries. A política governamental global e especificamente para o setor podem estimular a produção através de incentivos ( por exemplo crédito subsidiado), ou inibi-la através de restrições ( por exemplo cotas de produção). Outro agente que influencia o que e quanto produzir é o consumidor interno e externo. Os hábitos alimentares, as preferências dos consumidores influenciam a decisão de o que e quanto produzir.

O agente mais importante para a produção agropecuária, porém, é o próprio agricultor. É da decisão do agricultor de o que plantar e quanto que dependerá fundamentalmente o volume de produção agropecuária a ser obtido.

## **3. PROCESSO DE DECISÃO DO AGRICULTOR**

O processo de decisão do agricultor é um componente importante na determinação do volume agregado da produção agrícola. Qualquer que seja a causa externa, a decisão de muitos agricultores de não plantar determinado produto poderá provocar distúrbios no abastecimento interno e comprometer metas de exploração. É importante, então , analisar o que é esta decisão, e em que consiste e quais os elementos que a compõe para podermos atuar sobre ela, não no sentido de manipulá-la, mas de levá-la a um maior racionalidade.

## **4. CONCEITUAÇÃO DE DECISÃO**

O ser humano está constantemente envolto em situações em que tem que decidir, na maioria das vezes são decisões corriqueiras que exigem pouca reflexão e tempo. Só existe um problema de decisão quando as conseqüências resultantes são importantes e não existe certeza sobre o que deve ser feito. ( Anderson et. al. 1977)

O problema que envolve a decisão tem sido analisado com bastante profundidade pela teoria administrativa e, particularmente pelos tratados sobre organizações ( Simon 1960; March e Simon 1958). Com o surgimento da pesquisa operacional, mais recentemente tem-se dedicado atenção crescente à "análise da decisão", através da formulação de modelos ( Brown et al. 1974; Thiriez & Zionts 1976; Dyer & Shapiro 1982); . Já se pode falar numa "teoria de decisão" com contribuições especiais, embora isoladas, das ciências administrativas, da psicologia, da sociologia, da economia e da própria matemática.

Em sentido estrito, a decisão pode ser definida como um ato racional, privilégio e responsabilidade do ser humano. Dado um problema relevante qualquer, e a disponibilidade de informações, decidir implica em julgamento de alternativas possíveis de ação. É como uma "conclusão tirada de premissas" (Simon ). O ato de decisão em si pode ser definido como: "é isto", "deve ser feito isto, assim ... "Como ato do intelecto, faz parte do império da lógica.

Em sentido lato, porém, uma decisão não pode ser considerada como um ato simples e puro do intelecto. Pressupões uma série de ações ( atividades ) tanto antes como depois de decidir. Pressupõe-se que o tomador de decisões queira buscar o máximo de racionalidade possível e encontrar a solução mais apropriada.

Racionalização significa, por exemplo, o agricultor produzir em pontos sobre a curva de transformação de produtos; dados os preços de insumos e dos produtos, o ponto ótimo é determinado pela relação destes preços. O agricultor agiria com irracionalidade se decidisse produzir "no interior" da curva de possibilidade de produção e, neste caso, estaria então em nível de bem-estar inferior ( Samuelson 1972).

Decidir em situações de incerteza que envolvam elevados riscos, exige reflexão sobre as alternativas possíveis de ação e sobre suas conseqüências potenciais. Não é necessário que as avaliações que se fazem no intelecto ( as razões) sejam explicitadas; muitas delas podem ficar implícitas. Ou então, ao se tomar decisões explicitam-se razões ( Justificativas) outras que não as verdadeiras.

Na prática, pelo menos, uma decisão está interrelacionada a uma série de outras anteriores e é possível que venha a provocar outras decisões no futuro. Afigura-se uma cadeia de elos entrelaçados e interdependentes um em relação ao outro. A decisão pode ser considerada um processo dialético. A todo o instante aparecem novas informações, formam-se novas premissas que confirmam ou tendem a rejeitar a decisão.

## **5. COMPONENTES DE UMA DECISÃO**

O primeiro componente de uma decisão é a existência de um problema para o qual se deve encontrar uma solução. Como exemplo, para o agricultor poderá ser o que e quanto plantar. Naturalmente que o problema deverá ser significativo e ter conseqüências importantes. Numa propriedade agrícola, o que plantar e quanto é importante. Desta decisão dependerá a sua renda e o bem-estar seu e de sua família.

A seleção de problemas relevantes pressupõe que o agricultor possua objetivos mais ou menos explícitos. Os objetivos podem ser conflitantes, complementares, excludentes ou indiferentes um em relação ao outro. Principalmente em relação aos conflitantes, o agricultor deverá eleger, em diferentes graus, o que quer atingir dentre vários objetivos. Por exemplo, a maximização da renda e a minimização do risco parecem estar em contradição. Ao se decidir por um aumento de renda, pode-se estar aumentando o risco. O agricultor decide, buscando um equilíbrio entre os objetivos, por uma função de utilidade própria. Esta é exercida pelas preferências do indivíduo, as quais hierarquizam os próprios objetivos. ( Klemmer et al. 1978; Keeney & Raiffa 1976).

Definido adequadamente o problema, é necessário munir-se de informações indispensáveis que o esclareçam e subsidiem a decisão. O termo informação é usada aqui em seu sentido amplo. Compreende informações escritas, no caso do agricultor, por exemplo, preço dos produtos e insumos, tecnologias disponíveis, a experiência anterior ( com diferentes produtos), informações verbais ( o que ouviu falar sobre o problema e sua solução), experiências em outras regiões, com outros agricultores, e o próprio "feeling" do agricultor.

Pelo menos para fins analíticos pode-se distinguir a fase de coleta ( ou recordação) das informações e a fase de sua análise. Na prática, a coleta e a análise se processam mais ou menos ao mesmo tempo. A análise compreende, principalmente, uma sistematização, ou um ordenamento das informações seguindo sua natureza e importância. O que não é relevante deve ser excluído do processo, pelo menos temporariamente. As informações mais importantes são armazenadas ( na memória do agricultor ou no próprio computador, dependendo da quantidade e complexidade) como subsídios para a tomada de decisões.

As informações organizadas e analisadas levam a alternativas de decisão. O administrador, no caso o agricultor, selecionará as alternativas de solução mais relevantes. Em relação ao "o que "plantar, por exemplo, restringir-se-á a cultura que comprovadamente apresente bom rendimento ou que garanta a subsistência em condições edafoclimáticas específicas. As alternativas podem ser definidas também em referências à infra-estrutura de que se dispõe na propriedade. Se há várias colheiteiras para arroz, não se cultivará só abacate... O desconhecimento das novas tecnologias agrícolas e mecânicas geradas poderá limitar as alternativas disponíveis. A soja pode, hoje, ser cultivada nos cerrados e em regiões tropicais graças ao desenvolvimento e adaptação de variedades para estas regiões. Para os agricultores do Centro-Oeste e Norte-Nordeste criou-se mais uma alternativa de produção.

Até recentemente, o número de alternativas não poderia ser excessivamente grande porque os cálculos eram feitos manualmente; hoje, a disponibilidade de computadores permite selecionar mais alternativas e analisá-las adequadamente. O surgimento da pesquisa operacional, em difusão crescente na agricultura, alargou tremendamente o horizonte de possibilidade de análise tornando a decisão mais eficiente. Antes de tomar

uma decisão, o agricultor deverá ter ainda presente a probabilidade de sucesso de cada alternativa estudada. Alternativas com nenhuma ou pouca probabilidade de sucesso deverão ser excluídas do processo decisório; as com probabilidade de sucesso a longo prazo deverão obedecer ao princípio da preferência temporal. As probabilidades de sucesso deverão obedecer ao princípio da preferência temporal. As probabilidades de sucesso podem ser objetivas, isto é, baseadas em critérios científicos; ou subjetivas, de acordo com as expectativas do próprio agricultor.

Antes de qualquer decisão, o agricultor deverá ter em mente quais as conseqüências desta ação. Quanto maiores as conseqüências mais a reflexão, mais informações e em mais julgamento deve fundamentar-se sua decisão. Se o agricultor decidiu em toda sua área plantar arroz, não poderá em seu lugar cultivar milho. A não ser que prefira perder todos os insumos utilizados no arroz. Para as culturas permanentes e a agropecuária, as conseqüências podem ser mais relevantes ainda pelo período de maturação das culturas. Nas conseqüências devem-se considerar também todas as ações subseqüentes à tomada de decisão. Antes de se plantar soja, é necessário ter-se em mente todas as ações subseqüentes: a necessidade e disponibilidade de recursos para tal atividade; se existe mão-de-obra disponível ou não ; máquina etc ... finalmente, chegou à decisão em si: planto esta cultura, em 10 hectares de terra, não planto aquilo.

Distinguem-se decisões orientadas para os fins mesmos e decisões relativas aos meios. As primeiras orientam-se para os objetivos do agricultor e envolvem julgamento de valor. As relativas aos meios assumem como dados os objetivos. Basicamente racionais em sua natureza podem ser considerados como instrumentais. Quanto à importância, as decisões podem ser categorizadas em estratégicas, administrativas e operacionais. As estratégicas dizem respeito à sobrevivência do próprio empreendimento, às suas finalidades, à política de convivência com o meio ambiente. Possuem uma orientação muito mais de longo prazo. As administrativas referem-se ao gerenciamento da propriedade, como a obtenção de empréstimos, contratação de pessoal, compra de máquinas, equipamentos e insumos, etc ... As operacionais referem-se ao modo de fazer as coisas, de o que e como plantar, que tratos fazer em que época etc ... São decisões orientadas também pelo curto prazo ( Longenecker 1969)

A decisão do agricultor é complexa. Nela existem elementos de tradição, de aprendizado, de condições de infra-estrutura, motivos psicológicos e sociais e, principalmente elementos econômicos de desejo de lucro. A força ou a influência dos diversos componentes da decisão depende também dos tipos de agricultores. Os que são orientados pela tradição, terão dificuldades em mudar de culturas, mesmo que o preço do produto não seja tão compensador. A infra-estrutura de um empresa rural (máquinas, instalações e equipamentos) também tem força acentuada na decisão. Senão puder ser adaptada a culturas e tendências à mudança será menor. Em condições de preços ou expectativas de preços desfavoráveis poderá reduzir a área plantada.

Outros fatores que influenciam a decisão do agricultor são a família, a discussão na família, o aprendizado com os amigos, o ouvir falar, o desejo de experimentar. A decisão de mudança pode ocorrer por partes. Vai mudando de uma área ou cultura aos poucos e vai observando o que se passa. A experiência ensina também muito da evolução das culturas, dos preços, do mercado, das possibilidades de lucro. (Fig 1)

## **6. O EXPERIMENTO AGRÍCOLA COMO SUBSÍDIO À DECISÃO DO AGRICULTOR**

O agricultor, ao decidir pelo plantio de qualquer cultura, deve conhecer o processo bioevolutivo da planta. O pecuarista deverá ter informações do animal que pretende criar e sobre seu ciclo produtivo. Informações biológicas e também econômicas. Para os problemas de natureza biológica, a agronomia e a veterinária tem grandes contribuições a dar, uma vez que geram os processos de produção que estarão disponíveis aos agropecuaristas.

A ciência experimental, através de seus centros de pesquisa, evoluiu nos últimos anos no mundo e particularmente no Brasil. Há uma gama de conhecimentos disponíveis para as mais importantes culturas e animais. Há um clima favorável (recursos humanos bem treinados e equipamentos adequados ) para se produzirem novos conhecimentos. Muitos dos problemas dos agricultores e pecuaristas, na atualidade, poderão brevemente ter respostas adequadas. (Alves 1983).

O produto da pesquisa agropecuária são as novas tecnologias geradas. ( Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1983). Constituem-se em instrumento da racionalização do processo produtivo. Expandem a fronteira de possibilidade de produção para um dado limite de insumos. São informações organizadas sobre

as alternativas de produção; neste sentido, são subsídios para a tomada decisão do agricultor. Na experimentação isolam-se uma ou mais variáveis relevantes e procura-se determinar a sua influência sobre alguma variável que se deseja explicar através da relação causa-efeito. Doses diferentes de fertilizantes, por exemplo, terão diferentes impactos sobre a produtividade de um determinada cultura. A pesquisa procura chegar ao limite da "resistência" de variedades a fertilizantes.

Os resultados de experimentos visam a contribuir para ampliar os processos produtivos à disposição do agricultor, aumentando a racionalidade na sua decisão. Para tanto os experimentos devem ser conduzidos com todo o rigor científico analisados sob o ponto de vista biológico, estatístico e econômico. Naturalmente que alguns experimentos básicos e muitos específicos que não tem aplicabilidade imediata não se adaptam a uma análise econômica. Porém, os que são conduzidos em situações mais próximas à do agricultor podem e devem ser analisados economicamente. Os dados obtidos no experimento agrícola são os elementos -chave para tanto. Principalmente, os chamados ensaios-síntese e os demonstrativos. (Espinoza et al. 1983)

Definidos os processos de produção resta ao agricultor escolher, entre estes, aquele que apresenta o menor custo de produção, obtendo assim, as máximas eficiência técnica e econômica para um certo nível específico de produto, tendo por base as relações de preços insumo/produto e insumo/insumo.

## **7. OTIMIZAÇÃO DA DECISÃO DO AGRICULTOR**

O ato da decisão não significa necessariamente decidir certo, racionalmente. Há decisões erradas cujas conseqüências são sérias. Algumas por falta de informações e/ou de análise; outras por mudanças bruscas no sistema que envolve a decisão.

Pergunta-se: é possível orientar a decisão do agricultor para um ponto ótimo? existem decisões que podem ser consideradas ótimas? No caso da decisão na propriedade agrícola, informações precisas e análises acuradas podem levar a uma maior racionalidade na decisão. Racional significa que a decisão final foi a melhor possível para o sistema de informações disponíveis. E neste sentido aproxima-se do que pode ser considerado ótimo. Devido à complexidade das variáveis e recursos, antes do surgimento da programação matemática, o ponto ótimo era praticamente um ideal, não só difícil de ser alcançado, mas também de ser definido. Pelo menos para um dado conjunto de informações disponíveis (pode ser um conjunto relativamente grande) e num ponto no tempo, é possível hoje determinar este ponto com precisão.

Para fins de análise, assume-se que o objetivo do agricultor seja maximizar sua renda líquida. Limite-se a obtenção de renda à atividade de produção de bens. Neste sentido, cada produto agrícola é obtido através de um processo de transformação de um conjunto de insumos. O conceito de função de produção define este processo. Função de produção é a relação física de produtos, dada uma tecnologia. Cada ponto da curva da função de produção representa um processo de produção. Um deles torna máximo o nível de produto para dado volume de insumos. Ressalta-se, ainda, que existe uma combinação ótima de recursos para cada nível de produto, para intervalos determinados de relações de preços dos insumos.

Um instrumento muito importante para a análise de experimentos e para que a decisão na propriedade agrícola seja otimizada é a programação matemática. Aliás, com importância crescente na teoria da decisão, e particularmente na solução de problemas ligados à agricultura. esta metodologia, aliada ao aumento da capacidade dos computadores, tornou possível considerar simultaneamente um número relativamente grande de variáveis que influenciam e/ou determinam a estrutura de produção na propriedade agrícola. Deu-se um salto qualitativo e quantitativo na solução de problemas de otimização.

Através da programação linear é possível analisar, economicamente, resultados de experimentos agrícolas. Naturalmente que são essenciais para a execução desta análise muitas informações, como coeficientes técnicos e restrições. As pesquisas devem ser desenvolvidas e repetidas em mais de um local ou por diversas áreas para evitar distorções. Tais ações permitirão a obtenção de coeficientes mais estáveis e função de produção que melhor se ajustem aos diferentes métodos. Os dados obtidos em experimentos podem ser combinados com resultados concretos de propriedade, seus recursos e assim simular situações ótimas para a firma. Através de simulações, é possível testar um infinidade de alternativas de decisão e agir de acordo com a solução ótima.

Planejar uma propriedade agrícola é uma tarefa complexa. Exige informações confiáveis, sobre preços de produtos e insumos, alternativas de produção e expectativas de produção e preços. Uma decisão racional deverá ter suporte na consideração simultânea destes fatores. O aperfeiçoamento da programação, aliado ao desenvolvimento de computadores mais potentes e rápidos, permite medir o desempenho da propriedade agrícola como um todo, dentro de suas especificidades.

## **8. "PLANTE NO COMPUTADOR ANTES DE PLANTAR NO CAMPO"**

Os modernos princípios da ciência administrativa e econômica já impregnaram as atividades industriais e de serviços. Estão, aos poucos, conquistando também espaços consideráveis na atividade agrícola. A progressiva integração da agricultura no mercado externo, o aumento da concorrência interna, a disseminação em larga escala de novas tecnologias de produção, a progressiva eliminação de uma agricultura de subsistência e o espírito inovador dos agricultores são alguns dos fatores que têm contribuído sensivelmente para estas transformações. Dentre estas, destaca-se o uso crescente de métodos quantitativos, SIG - Sistemas de Informações Geográficas e a utilização do computador como instrumento de planejamento.

Qual a razão de o computador estar sendo empregado em atividades agrícolas? Em primeiro lugar, a agricultura deixou de ser uma atividade simples de abastecimento familiar e de venda do excedente (agricultura de subsistência). A agricultura está se tornando uma atividade complexa. As decisões nesta, área necessitam, cada vez mais, de informações seguras e atuais sobre as novas tecnologias disponíveis, sobre os preços dos insumos e dos produtos, sobre as disponibilidades de máquinas e de mão-de-obra, sobre a oferta de crédito etc ... Que insumos devem ser comprados (quando, em que quantidades e a que preços?), quando há diversas culturas potenciais para serem produzidas ou cultivadas e quando o produto final deve ser comercializado a preços de mercado, estas situações são diferentes de uma agricultura tradicional em que se cultivava o que era tradição na região baseados na fertilidade natural dos solos e mão-de-obra familiar. A agricultura empresarial permite lucros consideráveis pela sua maior eficiência na produção; de outro lado, também envolve riscos, capazes de levar à falência agricultores menos atentos. A agricultura moderna exige não só trabalho e dedicação mas também administração e organização.

As práticas relativamente simples de elaboração e análise de tabelas de contabilidade agrícola, com a discriminação detalhada de custos e receitas, tiveram por função a organização dos dados e desempenharam um papel importante para aumentar a racionalidade das decisões dos agricultores. Estas práticas podem e devem continuar como um sistema eficiente de organização de informações e de controle administrativo financeiro sobre a propriedade agrícola. Porém o planejamento das atividades na propriedade agrícola, notadamente as referentes ao que plantar, colher, em que época, com que insumos e em que quantidades, devem ser baseadas em métodos mais seguros. O advento de métodos quantitativos, como a programação matemática, simulação e os sistemas de informações geográficas e a sua popularização em anos recentes também nas atividades agrícolas permitiram um avanço significativo.

Estes métodos, conjugados a programas de computação, como é o caso da programação linear e SIG, permitem medir o desempenho da propriedade agrícola como um todo, dentro de suas especialidades. Aconteceu um salto qualitativo: além do retrato da propriedade agrícola, sua situação e suas características físico-químicas, através da programação linear, é possível estabelecer objetivos de valores mínimos e máximos a serem alcançados ou evitados e obter a otimização da exploração da propriedade, por exemplo, através da maximização de sua renda líquida. Todas as variáveis relevantes para o agricultor, os recursos que dispõe ou poderá dispor, as diferentes tecnologias de exploração, tudo isto é considerado, simultaneamente, interagindo no sistema da propriedade agrícola. A rapidez na solução de todo o sistema permite acompanhar, constantemente, as mudanças, nos preços dos fatores ou dos produtos, nos próprios recursos disponíveis, ou coeficientes tecnológicos, possibilitando, conseqüentemente, alterações administrativas na propriedade agrícola, quando isto se justificar.

A formulação de modelos específicos e a criação de um sistema de informação espacial para propriedade e a interpretação de seus resultados e de suas imagens exigem recursos humanos qualificados e equipamentos sofisticados, além de tempo. Praticamente só as universidades e os institutos de pesquisa teriam estas condições. O objetivo da utilização, "em massa", pelos agricultores, da programação linear, bem como do SIG ficaria assim inviabilizado. Com o objetivo de agilizar o processo de utilização do modelo e do SIG e de simplificar a interpretação dos resultados foi desenvolvido baseado no trabalho do Professor Bruce MacCarl

da Universidade de Purdue, um sistema simplificado que permite aos extensionistas, agricultores e pesquisadores, a utilização do sistema de programação linear e do sistema de informação geográfica, sem demandar tempo exagerado e com período curto de treinamento. A este sistema denominou-se PRORURAL.

## 9. FORMULAÇÃO DO SISTEMA

As decisões do agricultor devem ser orientadas pela racionalidade econômica, e devem ser tomadas em tempo oportuno. A racionalidade econômica exige que se considerem, simultaneamente, as principais variáveis que a determinam, e a oportunidade exige rapidez. O sistema PRORURAL se adequa perfeitamente a estas exigências. Considera a complexidade da propriedade agrícola e é um sistema muito rápido. Em um período de tempo relativamente curto é possível dispor de várias soluções alternativas, dependendo das hipóteses e expectativas dos agricultores.

O sistema é constituído por diferentes etapas. Nelas se executam ações integradas, mas analiticamente diferenciadas. Numa primeira etapa o satélite artificial, produto de uma das mais fascinantes tecnologias deste século, permite a observação das características da superfície da Terra - solo, água, vegetação, rochas, relevo e combinações destes elementos. Através destes satélites de sensoriamento remoto são estudadas as propriedades químicas e físicas da superfície da Terra com todos os bens ou recursos associados a ela (naturais, agrícolas, hídricos, meio ambiente, etc).

Com base nesses estudos elaboram-se mapas, tabelas, inventários e outras informações de importância.

O satélite de sensoriamento remoto **LANDSAT 5\*** possui sensores remotos que coletam, processam e analisam a radiação eletromagnética emitida pelos elementos que compõem a superfície terrestre. Cada elemento possui uma assinatura espectral que permite seu reconhecimento. As assinaturas são identificadas pelo satélite através de dispositivos especiais e traduzidas em imagens. Para atualizar as informações, o LANDSAT5 descreve uma órbita polar a 715 KM de altitude. Passa sobre o mesmo ponto do território brasileiro a cada 16 dias, quando registra imagens que correspondem a 185 KM por 185 KM. Antenas de recepção em Cuiabá, considerado centro geográfico da América do Sul, recebem os registros. Os registros são gravados em fitas magnéticas de alta densidade e enviadas ao laboratório de processamento eletrônico e fotográfico de Cachoeira Paulista, em São Paulo.

Todas as informações das fitas são processadas e transferidas para discos óticos. As informações são agregadas a outros dados que formarão num todo um banco de dados e de imagens.

A segunda fase compreende o processo de otimização. Caso os dados sejam consistentes, o computador imprimirá um relatório de otimização em que aparecem as soluções dos planos presente e ótimo para a propriedade agrícola. Ele fornece os subsídios indispensáveis para uma decisão racional na propriedade. Caso sejam necessárias alterações, executam-se revisões, obtém-se novos dados e o processo começa de novo (Veja Fig 1.)

O PRORURAL, atualmente, pode atender a vários sistemas de produção:

- a. Culturas anuais (com até 10 culturas);
- b. Culturas anuais mais pecuária (até 10 culturas);\*
- c. Produção de hortaliças com restrição de capital (até 10 culturas);
- d. Produção de hortaliças (até 30 culturas).

Estão em desenvolvimento mais dois pacotes: o primeiro considerando culturas anuais mais gado de leite e o segundo sobre o gerenciamento da propriedade. De acordo com as necessidades e a demanda por parte dos agricultores, estes sistemas podem ser ampliados, simplificados e/ou desenvolvidos novos, devido à sua flexibilidade.

## 10. OBTENÇÃO DOS DADOS

As informações necessárias ao sistema PRORURAL são obtidas através de imagens de satélites ou imagens aerofotogramétricas e através de um formulário específico de entrada. O seu preenchimento é executado pelo agricultor, pelo extensionista rural e pelo pesquisador da área. Acompanha o formulário um manual de orientações e esclarecimentos de dúvidas. Naturalmente que ao se iniciar este processo junto ao agricultor caberá, inicialmente, uma responsabilidade maior de orientação por parte do extensionista e do pesquisador. Com a experiência, o agricultor poderá assumir maior responsabilidade em alimentar o sistema, principalmente, sobre a sua alteração no decorrer do tempo, liberando o extensionista e o pesquisador desta tarefa.

O formulário foi cuidadosamente elaborado com o objetivo de facilitar o seu preenchimento pelo usuário e também simplificar o trabalho do digitador. Assim, ele se encontra todo codificado, com os campos definidos para cada tipo de informação.

O formulário está dividido em duas partes. Na primeira são coletadas informações gerais sobre a estrutura da propriedade e dados qualitativos para as culturas. Por exemplo, se a propriedade possui ou não trator, em que períodos se executam tarefas de preparo do solo, de plantio, etc. Na segunda parte do formulário são coletados dados quantitativos correspondentes às informações qualitativas da primeira parte. Estes também se referem à estrutura geral da propriedade e à especificação de cada cultura. Exemplos de informações deste tipo são a localização das culturas segundo os tipos de terra, restrições de capital disponível, preços dos produtos, rendimentos por cultura e outras atividades.

### **10.1. Organização dos dados**

As informações coletadas através de formulários são digitadas e georeferenciadas as imagens das propriedades agrícolas geradas pelos satélites. Posteriormente são sistematizadas através do gerador de matriz do sistema PRORURAL. Gerador de matriz é um programa de computação dentro do sistema que organiza os dados em forma de equações. O computador é o grande responsável pela execução desta tarefa. Há apenas uma supervisão do extensionista e do pesquisador.

### **10.2. Crítica dos dados**

Tanto as informações disponíveis no formulário de entrada, bem como as sistematizadas pelo computador são submetidas a uma crítica para saber de sua consistência e veracidade. Alguns erros são apontados pelo próprio computador. Outros são detectados através de uma análise cuidadosa feita conjuntamente pelo agricultor, pelo extensionista e pelo pesquisador. Se os dados forem inconsistentes, o sistema é remetido à revisão para as devidas alterações: volta-se então à fase inicial do processo. Se os dados forem considerados consistentes então são automaticamente remetidos pelo computador para a fase de otimização.

### **10.3. Otimização das atividades**

A otimização das atividades na propriedade agrícola é uma das fases do sistema. Considerar, simultaneamente, um conjunto complexo de atividades, sujeitas a inúmeras restrições e otimizar-las, através de uma função objetivo, só foi possível com o advento e aperfeiçoamento da computação. Os pacotes de programação linear disponíveis executam a otimização, como é o caso do MPSX da IBM, o APEX da CDC, etc. A atividade humana nesta fase é simplesmente de supervisão.

O modelo geral de programação linear pode ser formalizado através da seguinte forma matricial:

### **10.4. Maximizar ou Minimizar a Função-Objetivo:**

$$Z = CX$$

Sujeito a:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

onde:

$c$  = vetor de coeficientes da função-objetivo;

$x$  = vetor de variáveis a serem determinadas;

$A$  = matriz de coeficientes tecnológicos;

$b$  = vetor de restrições dos recursos.

Na tabela 1 apresenta-se uma síntese da estrutura da programação linear do sistema PRORURAL. Cada célula representa uma matriz de combinações de recursos e atividades. Cada linha é um conjunto de equações, exceto a função objetivo. Deste modo, o tamanho da matriz é bastante flexível, podendo captar as características das propriedades. Para simplificar, os coeficientes e o valor das restrições são apresentados em forma de sinais, exceto quando seu valor é zero.

## 10.5. A função-objetivo

Respeitadas as restrições de recursos do agricultor e os objetivos fixos definidos como máximo ou mínimo, através de restrições, o objetivo do agricultor consiste em maximizar a sua renda líquida. Renda Líquida é definida como o resíduo da soma da venda de produtos ou serviços das propriedades, menos o somatório de todos os custos desta produção (ou para prestação de serviços). É o retorno líquido para a administração antes do Imposto de Renda. Este é o objetivo flexível do modelo, no sentido de que deverá atingir um valor máximo, respeitadas as condições anteriormente enunciadas.

Para simplificar os procedimentos de cálculo de computação, o PRORURAL utiliza, na função-objetivo, o valor dual, isto é, minimiza custos de produção na propriedade. A renda líquida do agricultor continuará a ser um valor máximo. Neste caso, o modelo executa a minimização da função objetivo dos custos. Conseqüentemente, os custos de produção são assinalados como valores positivos enquanto que as receitas como negativos.

## 11. ATIVIDADES E RECURSOS

As principais atividades a serem determinadas pelo PRORURAL referem-se ao uso da terra e seu preparo, a produção e colheita, ao arrendamento da terra à contratação de mão-de-obra, à venda de produtos, à compra de insumos, e a atividades de renda e culturas artificiais. O conjunto dos principais recursos são a disponibilidade de terra, de mão-de-obra, de maquinaria e de insumos, bem como a disponibilidade de tempo para execução das atividades. O agricultor pode dividir o tempo disponível em períodos de 15 dias; isto significa a possibilidade de 26 períodos ao ano. A seguir, são definidos e analisados, sumariamente, estas atividades e recursos:

- a. disponibilidade e uso da terra. O agricultor pode trabalhar tanto em terra própria bem como em terras arrendadas. Isto se constitui na sua disponibilidade total de terras. Por período considerado, pode-se trabalhar com três tipos de terras, definidas de acordo com as características de fertilidade, topografia do solo, etc. consideradas importantes pelo agricultor. Além disso, são consideradas também relações como culturas sucessivas e a rotação de culturas.
- b. preparo da terra. De acordo com as operações para culturas específicas a tecnologia adotada, o preparo da terra pode comportar duas fases, definidas aqui como preparo da terra 1 e preparo da terra 2. Nestas atividades são consideradas, por períodos, as necessidades de tratores, de animais e de mão-de-obra. Nas culturas sucessivas estão considerados os tratamentos culturais.

- c. produção. Dependendo da situação da propriedade agrícola, esta atividade é constituída pela produção e pela produção recebida através da parceria. Os principais recursos utilizados na atividade de produção são a terra, a mão-de-obra, trator, animais, tempo de plantio, rendimento, disponibilidade de beneficiamento, restrições para a colheita e restrições das culturas. Na equação de renda estão inseridos os custos provenientes da atividade de produção.
- d. colheita. No modelo, as atividades de colheita são diferenciadas das de produção. Para a colheita, utilizam-se dos recursos de mão-de-obra, colheitadeira, tratores, e animais, respeitada a restrição de disponibilidade de tempo. O conjunto das equações de colheita mínima controla as atividades que colhem os produtos. Os custos correspondentes a estas atividades são incluídos na equação da renda;
- e. arrendamento da terra. O arrendamento da terra permite ao agricultor aumentar a sua disponibilidade, permitindo a execução das atividades que o proprietário planejar. Não deve, porém, ultrapassar a limites pré-determinados. Os custos referentes ao arrendamento também são inseridos na equação da renda.
- f. venda dos produtos. Este conjunto de atividades permite a venda de produtos *in natura*, venda após beneficiamento e armazenamento. Isto permite grande flexibilidade ao produtor no sentido de não ser obrigado a vender toda a sua produção no momento da colheita, podendo beneficiá-la e armazená-la se a cultura o permitir e houver disponibilidade de equipamentos e instalações adequadas. A venda de produtos se constitui na principal atividade de renda do agricultor.
- g. compra de insumos. Os coeficientes deste conjunto de atividades são constituídos pelos preços dos insumos, inseridos na equação de renda, e pelas unidades de insumos, utilizados para a produção de culturas. Os preços entram com sinais positivos na equação de renda e o fornecimento de insumos com coeficientes negativos na equação de produção.
- h. limitação das culturas. Este conjunto de atividades tem por objetivo o controle de área de produção para as diferentes culturas. As explorações das culturas podem ser controladas através de um limite fixo ou de uma amplitude determinada. Esta estratégia pode ser utilizada para controlar o risco na produção ou para se atingir uma certa estabilidade no nível de renda da propriedade;
- i. culturas artificiais. Este conjunto de atividades foi incluído para permitir o funcionamento da minimização deste modelo. Assim, os valores de seus coeficientes na função-objetivo são elevados, em comparação com os outros coeficientes.

## 12. ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS

A solução de otimização das atividades é impressa através e em forma elaborada pelo PRORURAL. Neste relatório aparecem as atividades que compõe a solução ótima, chamado também de Plano Ótimo e uma comparação com a exploração atualmente em uso na propriedade ( Plano Presente). Neste relatório aparecem ainda os recursos limitantes à expansão da atividade na propriedade agrícola. São ainda os recursos limitante à expansão da atividade na propriedade agrícola. São os chamados preços-sombra. Seu valor indica em quanto aumentaria a função-objetivo, no caso do PRORURAL o retorno líquido para a administração, caso fosse possível obter mais uma unidade do recurso limitante. Em outras tabelas do relatório são discriminados e comparados os custos e receitas para as atividades, tanto no plano presente, como no plano ótimo. São discriminadas ainda atividades de produção pelo período para as diferentes culturas, projetadas as horas de uso de maquinaria, mão de obra por período para cada cultura e outras informações.

Os resultados da otimização, discriminados acima, são transportados para a elaboração do relatório geral, executado pelo sistema PRORURAL. Além dos resultados acima, são anexadas e relatadas informações fornecidas pelo formulário de entradas e organizados pelo gerador de matriz do sistema. Aqui são impressas informações de como as culturas estão atualmente plantadas, qual a área mínima por cultura, se é possível ao agricultor arrendar mais terra, quais os preços recebidos pela venda de produtos, o tempo gasto no campo, períodos de colheita e outras relevantes para subsidiar a tomada de decisão do agricultor.

## 13. DECISÃO NA PROPRIEDADE AGRÍCOLA

Esta é ação mais importante de todo o sistema. a obtenção de dados, a otimização das atividades e os relatórios elaborados pelo sistema PRORURAL objetivam fornecer subsídios para que o agricultor melhore a sua administração sobre a propriedade, racionalize mais a sua decisão do que plantar, quanto, onde, que tecnologia usar, quanto de cada insumo utilizar e quando vender a sua produção. A decisão mais racional deve basear-se, principalmente, na análise dos relatórios. Também a experiência vale aqui. O agente desta ação é o agricultor, auxiliado pelo extensionista e pelo pesquisador. Após a análise e a decisão do agricultor, se alguns fatores mudarem, como por exemplo os preços dos produtos, taxas de juros, introdução de novas tecnologias etc. é possível realizar e obter rapidamente novas soluções ótimas, observar o impacto destas alterações e passar à tomada de novas decisões.

## 14. REVISÕES

Quando a ação "Crítica dos dados" elimina as informações do sistema por considerá-las inconsistentes, é necessário fazer revisões destas informações. Neste caso a "revisão" é obrigatório caso se queira dar prosseguimento à obtenção de informações por parte do sistema.

Quando há dúvidas ou mesmo quando o agricultor já tomou a decisão sobre a sua propriedade, ele pode querer testar algumas hipóteses que considera plausíveis de ocorrer, ou verificar o impacto de uma decisão política, por exemplo, alteração na taxa de juros do crédito agrícola sobre a produção e a renda da propriedade. Isto tudo é possível de ser feito e com grande rapidez. Das revisões devem participar o agricultor, o extensionista e o pesquisador. Assim fecha-se o círculo e o sistema volta a operar a partir da ação 1.

## 15. CONCLUSÕES

1. Uma agricultura eficiente, integrada perfeitamente no mercado e de transformações rápidas como a brasileira, exige que informações e subsídios para a tomada de decisão estejam disponíveis em curto espaço de tempo. Dever-se-á considerar simultaneamente a complexa realidade do mercado de produtos e insumos e os recursos produtivos na propriedade como um todo. O sistema PRORURAL fornece rapidamente estes subsídios e, também, considera a complexidade do mercado e da propriedade ao mesmo tempo.
2. O sistema PRORURAL é extremamente dinâmico e constituído de ações independentes. Uma vez obtidas as informações através de um gerador de matriz e submetidas à crítica. Caso haja inconsistências, volta-se ao início do processo com a obtenção de novos dados. As correções necessários são remetidas a revisões. Os dados consistentes passam para a fase de otimização, executada através da programação linear. Com base nestas soluções são elaborados relatórios facilmente compreensíveis que servem como subsídios valiosos para aumentar a racionalidade na decisão do agricultor. O sistema é flexível, permitindo a todo instante testar novas hipóteses ou novas informações e obter novas soluções.
3. Este sistema se constitui em valioso conjunto de informações sobre as características da propriedade, situação de mercado de produtos e insumos, de tecnologias disponíveis. Em segundo lugar, e mais importante, demonstra ao agricultor, através de comparações entre o plano presente de exploração e o plano ótimo, onde estão as maiores irracionalidades na atividade. Os custos de oportunidade, por exemplo, lhe indicam quais os recursos mais limitantes para um aumento do nível de sua renda. O sistema fornece também resultados detalhados sobre as receitas e as despesas das culturas potenciais da fazenda e um cronograma de execução de atividades, bem como outras informações úteis.
4. Sem dúvida, o maior beneficiário é o agricultor. O pesquisador agrícola e o extensionista podem também colher subsídios valiosos para a sua atividade. Após soluções sucessivas do modelo com as informações de determinada propriedade, o pesquisador poderá detectar as limitações tecnológicas que as afetam. A existência de custos de oportunidades elevados indica onde se deve investir em pesquisa para diminuir a quantidade usada do recurso mais escasso, ou substituí-lo. De posse dos resultados do modelo, o extensionista poderá orientar melhor o agricultor a realizar mudanças para aumentar a eficiência da propriedade, corrigindo progressivamente as diferenças entre o plano de exploração ótimo e o sistema atual. Os formuladores de políticas agrícolas também poderão detectar os pontos de estrangulamento para um aumento de produção de determinado produto de uma região. Também pode-se testar a viabilidade das políticas agrícolas, como crédito, preços mínimos, seguros, etc, a nível da propriedade.
5. A existência do homem e suas ações estão fortemente condicionadas aos elementos naturais que compõem o mundo fisiográfico, e dependentes das relações de um convívio com a natureza, que cada vez mais lhe exige uma conduta harmoniosa com o meio ambiente. Neste processo, o homem encara o mundo como um modelo real, do qual aprendeu a descrever com precisão uma grande categoria de observações e estabelecer as relações existentes entre elas, com proveito ao seu bem estar econômico e social. Para atuar sobre este mundo real e dele extrair o seu sustento e explorar as suas riquezas, o homem precisou aperfeiçoar em tecnologias e conhecimento que pudessem, tratar as entidades ambientais, não somente do ponto de vista de suas origens e funções, mas também de suas localizações, formas, distribuições, escalas, limites, etc. Ou seja, às entidades ambientais implicitamente se agregam as análises de atributos de expressão espacial.

O tratamento destas informações é hoje um requisito necessário para controlar e ordenar a ocupação das unidades físicas do meio ambiente, tão pressionadas por decisões que invariavelmente se contrapõem a uma lógica racional de seu uso. Para acompanhar o ritmo veloz e a complexidade dessa ocupação e utilização do solo, é preciso dispor de técnicas que visem a contribuir para ampliar os processos produtivos à disposição do agricultor, aumentando a racionalidade na sua decisão.

Como resultado do presente trabalho, obteve-se um modelo inicial capaz de avaliar as conseqüências de tomadas de decisões relacionadas com a propriedade agrícola, e que poderá apontar as direções em que os ajustes devem acontecer. Aperfeiçoamentos serão sempre possíveis. Novas interações com os pesquisadores, extensionistas e produtores agrícolas certamente garantirão os meios de alcançar a continuidade do aperfeiçoamento do presente modelo.

## 16. REFERÊNCIAS

- Alves, E.R.A, O dilema da política agrícola brasileira: produtividade ou expansão da área agricultável. Brasília, EMBRAPA-DID, 1993. 108p.
- Anderson, J.R; Dillon, J.L. & Hardaker, B. Agricultura decision analysis. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1977. 344p.
- Azevedo Filho, A.J.B.V. & Peres, F.C. Competividade da cultura da soja em uma empresa da região de Campinas, SP. Brasília, EMBRAPA-DER, 1984.
- Brown, R.V; Kahar, A S & Peterson, C. Decision analysis: an overview. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1974. 89p.
- Cowell, J. Estudos dos efeitos de solo e clima sobre a resposta de culturas e fertilizantes. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- Cruz, E.R. da Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. Brasília, EMBRAPA-DER, 1984.
- Dyer, J.S. & Shapiro, R.D. Management science/operations research; cases and readings; New York, John Wiley & Sons, 1982. 388p.
- Espinoza, W; Oliveira, A.J.; Contini, E & Araújo, J.D. Geração e transferência de tecnologia no uso de fertilizantes, Brasília, EMBRAPA-DEP, 1983. 52p.
- Garcia, J.C Seleção de cultivares e sistemas de produção de milho com respeito ao risco. Brasília, EMBRAPA-DER, 1984.
- Halloway, C.A Decision making under uncertainty; models and choices. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1959. 522p.
- Keeney, R.L. & Raiffa, H. Decisions with multiple objectives; preferences and values tradeoffs. New York, John Wiley & Sons, 1976. 596p.
- Klemmer, P; Thoss, R. Mentrup, H. & Plogmann, F. Zur Konsistenz von Agrar- Energie und Verkehrspolitik mit der regionalen Wirtschaftspolitik. Munster, Beitrage zum Siedlungs- und Wohnungswesen um zur Raumplanung, Band 49, 1978. 78p.
- Longenecker, J.G. Principles of management and organizational behavior; Columbus, Ohio, Charles E. Merrill Publishing Co. 1969. 771p.
- March, J.G. & Simon, H.A Organizations. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1959.
- Neves, E.M; Graças L.R. & Maccarl, B. Programação matemática aplicada e dados experimentais no Brasil: problemas atuais limitações e sugestões. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- Noronha, J.F. Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimento. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- Oliveira, A.J. Um modelo multiperiférico de investimento para o planejamento da propriedade agrícola. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- Peres, F.C. Planejamento da empresa agrícola em condições de risco. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- Samuelson, P.A Introdução a análise econômica. Rio de Janeiro, Agir Ed. 1972. 559p.
- Simon, H.A The new science of management decision, New York, Harpes & Brothers, 1960.
- Randy, T.O SDSS- Spatial Decision Support System, Illinois, Purdue University, 1996.