

SISTEMAS INTEGRADOS EM PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA PARA A AMAZÔNIA: UM ENFOQUE METODOLÓGICO

Sônia Milagres Teixeira¹, Elmar Rodrigues da Cruz² e Elisio Contini²

RESUMO - A questão da viabilidade da exploração agropecuária na Amazônia é muito polêmica. Por um lado, o argumento ecológico do perigo da devastação por explorações em larga escala, que degradam o solo e destroem a floresta, e por outro, a necessidade incontestada de produzir alimentos para a população que se expande na região. Esse problema constitui desafio crescente às instituições do setor que buscam viabilizar um procedimento de exploração que atenda aos interesses sociais, técnicos e econômicos, sem comprometer a ecologia. A pesquisa agropecuária, visando a otimizar os retornos socioeconômicos dos processos biológicos da interação planta, animal, solo e ambiente, precisa levar em conta os benefícios e custos envolvidos, não apenas das explorações independentes, mas dos efeitos de suas interações, do aproveitamento racional dos recursos e produtos regionais e da utilização eficiente dos subprodutos nesse sistema interdependente e, segundo muitos, em equilíbrio. Nesse estudo objetiva-se compor agrossistemas energéticos através da montagem de duas matrizes: a primeira retrata o conjunto de atividade em uso, em uma propriedade na região de Manaus, com 70 ha. Visa a avaliar a presença de um biodigestor para aproveitamento de resíduos da avicultura para a produção de frutas tropicais e olerícolas. A segunda é constituída de atividades potencialmente recomendáveis para uma fazenda modelo no Distrito Agropecuário da SUFRAMA, em assessoramento às atividades da Fundação Centro de Apoio do Distrito Agropecuário (FUCADA-SUFRAMA). Ressalta-se que, em ambos os casos, o estudo objetiva ao aproveitamento mais eficiente de recursos energéticos, da biomassa abundante na região, para a produção de outros fatores que são escassos e importados de grandes distâncias. Avalia a viabilidade de introdução de uma microdestilaria para o autoconsumo de álcool de etanol de cana-de-açúcar, assim como a utilização de subprodutos para a agropecuária e o melhor aproveitamento da madeira resultante da derrubada de capoeiras e matas para as atividades como um todo.

Termos para indexação: Biomassa, biodigestor, microdestilaria, agrossistemas energéticos, matriz de programação linear.

CROP AND LIVESTOCK INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS FOR THE AMAZON: A METHODOLOGICAL APPROACH

ABSTRACT - The viability of crop and livestock production in the Amazon Region is controversial. On one side is the ecological argument about the danger of devastation by large scale farming which degrades the soil and destroys the forest, and on the other is the unquestionable necessity to produce food for an expanding population. This problem constitutes an increasing challenge to agricultural institutions which seek to develop production systems which address social, technical and economic needs, without compromising the ecology. Agricultural and livestock research, aiming to optimize the socio-economic returns of biological processes of the plant, animal, soil and environment interaction, need to take into account the benefits and costs involved, the rational use of resources and regional products and the efficient utilization of by-products in this interdependent system. In this study we seek to put together viable agro-systems by setting up two matrices: the first considers activities on a 70 ha farm in the Manaus Region. It seeks to evaluate the presence of a biodigestor for poultry residual use in the tropical fruit and vegetable system. The second sets up potential harvesting, based on ideal production systems, for a large scale model farm in the Distrito Agropecuário da SUFRAMA, assessing the

¹ Econ. Rural., Ph.D., EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Caixa Postal 455. CEP 69000 Manaus, AM.

² Econ. Rural., Ph.D., EMBRAPA-DEP. Ed. Super Center Venâncio 2000. CEP 70312 Brasília, DF.

activities of the Fundação Centro de Apoio do Distrito Agropecuário (FUCADA-SUFRAMA). In both cases, the study aims toward more efficient use of energetic resources, the biomass, abundant in the Region, for other factors of production which are scarce and imported from distant regions. It evaluates the validity of introduction of a microdistillery for sugar cane ethanol, as well as by-product utilization for agriculture and livestock, and a better utilization of wood resulting from land clearing.

Index terms: Biomass, biodigester, microdistillery, energetic agro-systems, linear programming matrix.

INTRODUÇÃO

Produção agropecuária x Meio ambiente: um dilema?

A importância estratégica da Amazônia, a riqueza do seu subsolo, fauna e flora e a relevância de se acelerar seu desenvolvimento têm recebido grande ênfase do governo brasileiro, principalmente nos três últimos decênios. As formas que se buscaram para promover tal aceleração são objeto de muita controvérsia, assim como complexas as tentativas de desenvolvimento da região sem afetar o equilíbrio ecológico.

Reconhece-se que o desenvolvimento econômico representa um desafio enfrentado pelas gerações pela absoluta necessidade de produzir alimentos para a sobrevivência da população (Seers 1973). Tal desafio envolve interferências, em diferentes níveis, no ambiente e nos esquemas de vida dos habitantes.

Fearnside (1983b), analisando tendências do uso das terras, na Amazônia, exigentes de grandes contingentes de mão-de-obra e outros recursos, assim como a expansão desordenada dos desmatamentos para a pecuária e aproveitamento de madeira e carvão, prevê a aceleração da deflorestação em níveis superiores à população que se instala na região. Para esse mesmo autor, numa avaliação ecológica das alternativas de desenvolvimento (Fearnside 1983a), faz-se necessário referendar benefícios de longo prazo à população, com a apropriação dos agrossistemas, incluindo sustentação agrônômica, social, competitividade econômica não subsidiada, auto-suficiência máxima, consistência com manutenção de área para outros usos, efeitos mínimos em outros recursos e efeitos macroecológicos mínimos. Um conjunto de diferentes opções, incluindo agrossistemas diferenciados e reservas de agrossistemas naturais, bem como uma variedade de procedimentos de decisão econômica têm que

ser adotados para ajustar restrições biológicas, com base nesses critérios múltiplos.

Necessidades de alimentação básica

Para efeitos deste estudo, a análise restringir-se-á ao Estado do Amazonas, que representa, aproximadamente, em superfície 44% da região Norte. A população urbana do Estado do Amazonas, no período de 1960 a 1980, cresceu à taxa de 9,59% ao ano, contra 1,54% ao ano para a população rural, influenciado mais diretamente pelo aumento da cidade de Manaus, a partir da atuação da Zona Franca. Esse fato vem evidenciar a necessidade de desenvolver ações específicas para o contexto do Estado do Amazonas. O processo de desenvolvimento dos setores comercial e industrial atraiu força de trabalho de outras regiões e acelerou o êxodo rural; o crescimento da agropecuária não conseguiu atender aos níveis da demanda gerada (Teixeira et al. s.d.). A problemática agrícola e as ações voltadas para a necessidade de incrementar o produto da agropecuária passam a ser objeto de preocupação dos programas instalados recentemente, com a criação do Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca (SUFRAMA). Até então acreditava-se que os setores comercial e industrial proveriam atividade econômica suficiente para cobrir os dispêndios com a importação de alimentos (Benchimol 1980).

Segundo dados do CODEAMA, a importação estadual de arroz, em 1980, foi de 5.000 toneladas (t) tendo sido produzidas 7.000 t no mesmo ano; o feijão vem apresentando níveis de produção em torno de 3.000 t para uma demanda aproximada de 8.000 t. A demanda estadual de milho está em torno de 30.000 t, enquanto a produção é ainda incipiente, estimada em torno de 7.000 t. A produção de carne bovina atende cerca de 15% da demanda estadual. A produção de leite *in natura* não atinge a 1.000

litros diários em época de safra, para atender a demanda estimada em 50.000 litros/dia. Essa importação de alimentos constitui o maior ônus comercial estadual, motivação básica para enfatizar a produção agropecuária em escala correspondente às exigências de consumo, aumento da oferta de empregos rurais, diminuição de custos de produção, armazenamento e comercialização de alimentos.

Alguns fatores são citados como responsáveis pela condição de dependência alimentar verificada principalmente no Estado do Amazonas. Destacam-se os problemas da dependência tecnológica, pobreza dos solos, o binômio temperatura – umidade que oferece condições a pragas e doenças das culturas. Outros fatores relacionados à estrutura agrária com altos índices de concentração de terras, o crédito rural seletivo e as dificuldades de acesso para a difusão das tecnologias e escoamento de insumos e produtos são questões que devem se ponderar em face da necessidade de alimentar a população (Teixeira et al. s.d.).

Experiência da pesquisa agropecuária

A fronteira do conhecimento já coberta pela pesquisa agropecuária permite apontar informações disponíveis sobre os recursos naturais, com estabelecimentos de zoneamento agrícola e determinação de unidades macroecológicas com indicações de atividades preferenciais com um mínimo de desgaste para o ecossistema regional. A pesquisa com cultivos alimentares dá ênfase especial à busca de variedades apropriadas às condições de várzeas e terra firme e práticas culturais para o aumento da produção e produtividade.

A experiência já adquirida na pesquisa pecuária desenvolvida na UEPAE de Manaus já apresenta resultados promissores no tocante à introdução de espécies forrageiras apropriadas às condições do trópico úmido, recuperação de pastagens degradadas, sistemas de utilização de áreas de terra firme e avaliação do comportamento produtivo de bovinos, bubalinos e ovinos para explorações mistas de leite e carne. Constituem recomendações também para a pequena e média exploração, em contrapartida às tentativas mal sucedidas

de utilização de desmatamento de extensas áreas, prática comprovadamente depredadora, sem resultado concreto para a economia regional (Relatório... 1981).

Outro aspecto relevante da pesquisa agropecuária na região, baseado na compreensão intuitiva da realidade ecológica e da estrutura interna do ambiente amazônico, refere-se ao aproveitamento do solo em cultivos sucessivos, em contrapartida à prática itinerante aí observada (Smyth & Bastos s.d.). A ênfase do estudo de melhoramento de plantas perenes, com análise de viabilidade de implantações racionais de seringueira, dendê, guaraná e fruteiras tropicais, nativas da região, bem como sua consorciação com culturas anuais e semiperenes para cobrir custos de implantação e condução merecem destaque.

Essa experiência já adquirida permite às instituições de pesquisa agropecuária condições de, nesse estágio, colocar prioridade à difusão das tecnologias através de uma interação mais intensa com a realidade do produtor.

Objetivos

Neste estudo procura-se apresentar um enfoque metodológico em desenvolvimento na pesquisa socioeconômica da EMBRAPA, com vistas a constituir sistemas integrados de produção que reflitam o nível de compreensão já alcançado, associando-o à viabilidade das diversas interações, em assessoramento à tomada de decisão do produtor, quanto à alocação dos diversos fatores disponíveis e implicações de inclusão de alternativas no processo.

Especificamente o estudo se propõe a:

- a) Testar a viabilidade e em que condições é possível incrementar a atividade agropecuária sem prejudicar o meio ambiente da região;
- b) caracterizar os sistemas integrados de produção com a associação de atividades alternativas para propriedades representativas;
- c) descrever o contexto de duas propriedades selecionadas;
- d) apresentar um modelo que permita avaliar as situações em análise, tendo em vista os processos produtivos e a

presença de alternativas para o auto-suprimento energético das unidades selecionadas.

Este artigo propõe-se a apresentar o enfoque metodológico utilizado num projeto mais amplo, em andamento, no sentido de colocar em discussão os conceitos que sustentam o trabalho em desenvolvimento, bem como a experiência já alcançada com o procedimento.

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Conceitos e experiência

Conceitos

O sistema múltiplo de cultivos, em geral desenvolvido em atividades do setor, se caracteriza pela manutenção da unidade produtiva, em níveis nem sempre superiores aos de subsistência. Constata-se, ainda, o declínio da produtividade e aumento de custos de produção, reduzindo consideravelmente sua viabilidade econômica. Se o objetivo é alimentar adequadamente a população regional, o aperfeiçoamento desses sistemas é essencial, baseado no fato de que alguns recursos necessários para sua condução demandam muitos insumos que são escassos (Mathur 1983).

Particularmente na região em análise, a alta dependência em insumos de fontes não renováveis, para o desenvolvimento do setor, com os custos sociais crescentes para manter oferta desses insumos, o isolamento e grandes distâncias regionais, coloca a atividade agropecuária sob grandes riscos.

A integração de sistemas agrossilvopecuários refere-se à prática ou estratégia para viabilizar uma melhor e mais completa utilização dos recursos e rendimentos da atividade rural. Se cada um dos sistemas de produção opera independentemente, o produto é apenas aditivo, tem-se um sistema misto; se, de outra forma, o produto de um subsistema que, em outras circunstâncias se perderia, se torna insumo num outro subsistema e, devido a resultados interativos, melhora a eficiência do processo, tem-se um Sistema Integrado de Produção. Neste sistema, enfoca-se uma alternativa não apenas em contrapartida à outra mas com a outra, resultando em produto desta interdependência.

As ações programadas em ciência e tecnologia (Conselho... 1982) colocam ênfase nessa atividade da pesquisa "a ser orientada muito mais no sentido de gerar sistemas de produção para toda a unidade, integrando todos os produtos. Serão sistemas de aproveitamento máximo de recursos, buscando a combinação mais econômica das diferentes atividades e fatores, no decorrer do ano agrícola. Deverão ser pesquisados sistemas que melhorem substancialmente o desempenho econômico de vários produtos combinados, não esquecendo suas características sociais de ocupação de mão-de-obra disponível durante todo, ou a maior parte do ano".

Experiência

A EMBRAPA iniciou, de forma pioneira, a implantação de sistemas integrados de produção em cinco unidades de pesquisa. Visava, num primeiro estágio, à auto-suficiência em combustíveis líquidos para as unidades de pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia para produtores rurais. Em pouco tempo o projeto evoluiu para o estabelecimento de sistemas de auto-suprimento energético, em que se procura integrar as pesquisas de biomassa e de produção de combustíveis líquidos e gasosos com a produção de vários produtos agropecuários, combinando o uso de máquinas e equipamentos, e o aproveitamento integral dos resíduos agrícolas, a nível do estabelecimento rural (Richter & Adams 1984).

Uma grande diversificação de opções energéticas que podem ser transferidas pela pesquisa para os agricultores e cooperativas são testadas e parte dessas se apresenta economicamente viável em diferentes contextos. Usando-se informações desses testes, elaboraram-se modelos matemáticos e outras metodologias para assessorar a tomada de decisão. Estudam-se os efeitos das diversas alternativas sobre a produção e uso de energia, a produção de alimentos e outros produtos, o nível de renda e de emprego e a rentabilidade do estabelecimento rural, da cooperativa ou da região (Gorgatti Netto & Cruz 1984). Vários desses modelos foram estruturados para diferentes regiões do país, destacando-se os de Vilani & Adams (1984), Peres et al. (1984), Richter & Adams (1984) com apli-

cações de modelos matemáticos a situações empíricas, nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Outras aplicações de sistemas integrados de produção são mencionadas em experiências recentes em vários países da Ásia, em consonância às recomendações da Conferência da Reforma Agrária e Desenvolvimento Rural (Mathur 1983). São relatados resultados obtidos de aplicações desses sistemas na Tailândia, Nepal, Índia, Srilanka, Bangladesh, Filipinas, Malásia, Indonésia e China, com programa específico para desenvolvimento de sistemas de produção integrados e mistos, sob assessoria da FAO (1983).

FAZENDAS REPRESENTATIVAS COMO BASE PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS REGIONAIS DE EXPLORAÇÃO AGROPECUÁRIA

Para a implementação do modelo, nesse estudo, três aspectos constituem o enfoque utilizado, e serão detalhados nesta parte do trabalho:

- a) Caracterização do público meta a que se destina, com a seleção de unidades de produção que tipificam essas características;
- b) condições básicas necessárias à execução dos sistemas integrados de produção, a nível da propriedade;
- c) construção do modelo com o conjunto de atividades em uso e potencialmente recomendáveis que permitam otimizar a alocação dos fatores e promovam a interação dos subsistemas, além de propiciar o auto-suprimento energético.

O nível tecnológico já alcançado, bem como a importância da conservação do ambiente e aproveitamento dos recursos naturais serão inseridos na formulação.

A fazenda representativa como unidade de análise

Um dos principais aspectos da geração e adaptação de tecnologias constitui o contexto social a que se destina. As prioridades de pesquisa devem ser estabelecidas levando em conta os benefícios e custos, as implicações socioculturais, interesses e necessidades de seus usuários.

Viabilizar tecnologias isoladas ou em conjunto para compor um sistema recomendável para uma região das dimensões da Amazônia constitui tarefa, senão impossível, muito complexa. Uma das formas que se procura para testar esses sistemas constitui-se da caracterização do público meta e seleção de unidades que representam, sob determinados aspectos, a situação em análise. Este procedimento é uma alternativa eficiente para inferir sobre possíveis efeitos de modificações em fatores internos e externos ao processo e tem a vantagem de manusear situações concretas e de aplicação direta, em contrapartida a enfoques genéricos de inferências sobre uma realidade ainda muito pouco conhecida.

Na região amazônica, as dificuldades de acesso e o conjunto de problemas já mencionados tornam a tarefa de tipificação particularmente complexa, mesmo se se define o Estado do Amazonas como o enfoque de análise. A caracterização das atividades do setor é resumida por Alves (1983) de forma muito pertinente: "No nosso modo de entender, a região amazônica se desenvolverá com um padrão tecnológico próximo da agricultura comercial, embora o cenário de lá seja muito confuso ainda. Convivem lado a lado, a agricultura comercial (de tecnologia sofisticada) e a agricultura tradicional (que caminha na floresta e não a domina)".

Esse nível de compreensão do contexto da pesquisa agropecuária se reflete gradativamente em suas formas de atuação. Atende-se aqui para a ênfase colocada pela equipe de pesquisadores da UEPAE de Manaus, Porto Velho e Rio Branco nos programas de pesquisa e experimentação nos Projetos de Desenvolvimento Rural Integrado (PDRI) cujo público meta é o pequeno produtor. Essas ações recebem prioridade, paralelamente aos trabalhos já em andamento destinados a agropecuaristas de média escala. No PDRI, atividades de acompanhamento de propriedades, com vistas à recomendação de processos produtivos melhorados são parte integrante da programação. Essas ações se destinam ao maior contingente de produtores que operam em níveis de subsistência.

Neste estudo foram selecionadas duas propriedades representativas da região que poderão ser utilizadas como referências para outras: a primeira (propriedade A), localiza-

da no município de Iranduba, com 70 ha, conta com um conjunto de atividades bastante diversificado; a segunda (propriedade B) está localizada no Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA, com 2.000 ha, dos quais 800 ha apropriados à atividade agropecuária.

As atividades da propriedade A foram semanalmente acompanhadas, de abril a outubro, até se atingir à compreensão do processo de condução, utilizado pelo produtor.

A propriedade B representa o esforço da Fundação Centro do Apoio do DA SUFRAMA (Fucada), no sentido de viabilizar alternativas de explorações para servir de referências aos empresários instalados na área. Pela sua característica de Fazenda Modelo, em fase inicial de instalação, as condições recomendadas pela pesquisa podem ser aproximadas, constituindo um excelente cenário de teste das tecnologias, ao tempo em que busca incorporar à atividade empresarial referencial da factibilidade das mesmas.

As atividades desenvolvidas na propriedade A bem como as programadas para a B estão listadas a seguir e compõem o modelo proposto.

Implementação do modelo

O detalhamento do processo de execução das atividades a serem implementadas não é objeto deste trabalho, principalmente por se compor de recomendações técnicas oferecidas na descrição dos sistemas de produção e instruções sobre instalação dos diversos equipamentos. Na abordagem de Richter & Adams (1984), transmite-se a experiência com esse processo de implantação, com detalhes sobre as condições básicas para as implementações. Chama-se a atenção para as condições de suporte como políticas governamentais, infra-estrutura industrial, mercado e capacitação humana. Dentro das diversas etapas previstas, ressaltam-se a identificação das condições básicas e de suporte, seleção de sistema, determinação da estrutura de manutenção, determinação do custo-benefício privado e social e elaboração do cronograma de implantação. Todas essas recomendações deverão ser consideradas ao implementar os sistemas.

Na estruturação do modelo, objeto deste trabalho, ressalte-se sua principal característica de análise *a priori* (ex-ante), principalmente para a situação da fazenda B. Nesta etapa, serão fornecidas indicações de alocação dos diversos fatores, em assessoramento às decisões dos técnicos da Fucada. Posteriormente poderão ser simuladas situações para atender a possíveis modificações no processo global. No caso da fazenda A, o enfoque servirá para modelar as atividades em uso, com ênfase à presença de um biodigestor instalado na propriedade. Recomendações de alocações mais eficazes dos fatores poderão resultar da solução de otimização, bem como poderão ser sugeridas alternativas de condução dos subsistemas.

Porque construir modelos matemáticos

Mesmo levando-se em conta o nível de dificuldades mencionado nas reflexões deste estudo, a pressuposição básica da formulação de modelos é de que pelo menos a curto prazo, os agentes produtivos procuram otimizar a utilização de fatores disponíveis (receita máxima ou custo mínimo). Este ótimo só pode ser encontrado ao se considerar todas as interdependências, simultaneamente. É necessário não só uma avaliação qualitativa, mas também quantitativa sobre os múltiplos efeitos nas principais variáveis que afetam estes objetivos.

A programação matemática é um método versátil, capaz de considerar todos estes aspectos e quantificá-los. Ajuda a planejar a agricultura racionalmente e as decisões políticas em todos os níveis. Em primeiro lugar, é um sistema valioso de informações sobre a estrutura de produção de uma fazenda ou região e sobre as variáveis que afetam a ecologia. Simulações de uma variável e coeficientes permitem visualizar os efeitos provocados no todo e em cada variável considerada. Tem-se também, sempre presentes, os custos de oportunidade dos recursos produtivos e os custos, para a sociedade, quando esta exige atender a determinados objetivos de conservação do meio ambiente (Contini et al. 1984).

Incluem-se nesta formulação as atividades de produção, constituídas das diversas culturas, criações e produtos energéticos. Essas atividades serão previstas, com base nas

informações de pesquisa da UEPAE de Manaus, levando-se em conta as interações de fatores e produtos. A outra parte do modelo constitui-se de atividades de compra associadas à disponibilidade e restrição dos fatores na unidade de produção. Este conjunto constitui o problema de maximização sujeita a diversas restrições, detalhadas a seguir.

Formulação do Modelo

O modelo é especificado na forma de programação linear multiperíodica de números inteiros, tendo como base a formulação de Peres et al. (1984). A matriz é composta de setores de atividades de produção, gastos com insumos, atividades de crédito de custeio, venda de produtos gerados no sistema, atividades de investimento em microdestilarias, biodigestor, tratores e seus financiamentos. Na função objetivo (renda líquida máxima) incluem-se os vetores de contribuição (positivas ou negativas) de cada atividade na formação de renda líquida anual, além dos vetores com valor presente das contribuições das atividades de investimento e seu financiamento na formação da renda líquida. Todos os valores são descontados, e as atividades, ano a ano, inseridas na formulação, em procedimento recursivo.

Atividades e restrições de produção

O conjunto de culturas, criações e produtos energéticos (X_j) produzidos ou em potencial de produção e as quantidades de fatores por unidade de produção constituem o corpo da matriz. Destacam-se o fator produtivo terra (T), mão-de-obra especializada (L^*) e não especializada (L), capital (K), diferentes insumos agrícolas como adubos orgânicos (AO), químicos (F) e defensivos (D). Para produzir uma unidade de X_j são necessárias quantidades especificadas dos diferentes fatores produtivos. A coordenação desses fatores depende da tecnologia (α) a ser adotada. Para cada tecnologia dada (α) os coeficientes de produção, específicos e diferenciados, multiplicados pelos recursos produtos, é igual à produção do setor j para a respectiva tecnologia:

$$X_{j\alpha} = \lambda_{j\alpha} T + a_{j\alpha} L + b_{j\alpha} L^* + c_{j\alpha} K + d_{j\alpha} AO + e_{j\alpha} F + g_{j\alpha} D \quad (1)$$

A produção total para o produto j é igual a:

$$X_j = \sum_{\alpha} X_{j\alpha} \quad (2)$$

A equação (1) permite considerar os índices tecnológicos por unidade de produto ou coeficientes técnicos (α) para cada atividade. Através desta formulação é possível também testar culturas e tecnologias alternativas, geradas e/ou sugeridas pela pesquisa agropecuária. As suas vantagens são comparadas com as atualmente em uso ou planejadas pelo agricultor. O modelo mostrará ao agricultor o quanto ganhará ou deixará de ganhar caso venha a decidir por uma cultura ao invés de outra ou pela adoção de diferente tecnologia.

Mesmo que uma cultura seja mais rentável do que as demais, devido a preços e/ou produtividade física, não se estabelece como objetivo a implantação ou transformação das propriedades em monoculturas. Para fins de análise e planejamento da propriedade, mesmo as atividades menos rentáveis devem continuar presentes no modelo. A alteração de condições como preços de produtos ou insumos, ou mudanças nas produtividades físicas devido a avanços da pesquisa podem alterar significativamente a combinação ótima das culturas. Outra justificativa para a diversificação é a diminuição do risco: uma propriedade diversificada suporta melhor alteração de preços (queda) de uma cultura ou sua frustração de safra, vez que as demais podem compensar esta perda. Assim na formulação do modelo são estabelecidos limites mínimos e máximos para as diferentes culturas e para novas tecnologias, para que sejam introduzidas progressivamente, sem desestruturar o funcionamento da propriedade agrícola.

Para as culturas, estes limites máximo e mínimo são estabelecidos como uma parcela (γ_1 min. e γ_2 máx.) da área apta para culturas. Para as culturas anuais (TAGR):

$$X_{j\alpha} \geq \gamma_1 \text{ TAGR} \quad (3)$$

$$X_{j\alpha} \leq \gamma_2 \text{ TAGR} \quad (4)$$

Para as perenes (TCPE), γ_1 é a proporção mínima e γ_2 máxima em:

$$X_{j\alpha} \leq \sigma_1 \text{ TCPE} \quad (5)$$

$$X_{j\alpha} \geq \sigma_2 \text{TCPE} \quad (6)$$

Para a pecuária, o limite mínimo e máximo é estabelecido em função do número de cabeças (PEC)

$$X_{j\alpha} \geq \text{PEC} \quad (7)$$

$$X_{j\alpha} \leq \text{PEC} \quad (8)$$

No caso específico em análise, são utilizadas na matriz explorações de curto e longo prazos (cultivos perenes). Nessa circunstância, a matriz terá a constatação de alocação de recursos nas diferentes explorações, num modelo de investimentos multiperiódicos. Culturas anuais serão repetidas no período, permitindo incorporar, numa mesma área, os efeitos residuais de adubação. Culturas perenes, quando possível, serão implantadas em consórcio com as anuais e semiperenes de forma que a produção, em ciclo mais curto, permita cobrir os custos de implantação, uma vez que as colheitas só acontecerão, em geral, a partir do 3.^o ano após a implantação. Essa prática de culturas anuais em sucessão mostrou-se economicamente viável, em experimentos na UEPAE de Manaus, devido ao efeito residual na adubação, principalmente do fósforo. Também a consorciação de culturas perenes com semiperenes mostrou ser recomendável, com a produção das semiperenes, no segundo ano, cobrindo os custos reais de implantação do sistema (caso particular do guaraná com maracujá) (Fonseca et al. 1984).

Fazenda A

A fazenda Rancho Jacobina possui 70 ha e é constituída de atividades diversificadas de culturas anuais e perenes, além da exploração de avicultura de postura, com cerca de 2.000 aves. O processo de condução das culturas tem características muito próprias e foi acompanhado por técnicos da área de sócioeconomia da UEPAE de Manaus. Aplicou-se um formulário inicial para estabelecer um perfil da propriedade e proceder ao inventário do capital de exploração existente. Posteriormente, em visitas semanais, anotaram-se as formas de condução das atividades e o fluxo de caixa, com despesas e receitas das diversas operações.

As principais atividades desenvolvidas no ano de 1984, e que servirão de base para o presente modelo são:

Culturas anuais:

- feijão
- melancia
- pepino
- pimentão.

Semiperenes:

- mamão.

Perenes:

- guaraná
- citrus.

Animais:

- aves de postura.

Energéticos:

- biodigestor utilizando esterco de avicultura.

Uma pequena parcela da área total está sob mata e, a não ser culturas perenes já implantadas, a forma de utilização das áreas é desordenada e de forma muito empírica, não obedecendo épocas de plantio, chegando, no caso da cultura do feijão, por exemplo, a utilizar três pequenas áreas, para plantios durante todo o ano, sendo a produção pouco expressiva e totalmente utilizada para consumo. Um mínimo de fertilizantes químicos é utilizado nos plantios e as culturas, sem exceção, são regularmente adubadas com matéria orgânica do biodigestor. A propriedade conta com um trator para as atividades de preparo de área.

Fazenda B

A Fazenda Fucada possui 2.000 ha. As principais atividades a serem implantadas são:

Culturas:

- hortaliças em sistema irrigado + adubação orgânica e química
- batata-doce
- mandioca
- milho e feijão em sucessão
- abacaxi
- mamão

- guaraná consorciado com maracujá e/ou abacaxi
- fruteiras tropicais (cupuaçu, graviola, pupunha e araçá)
- urucu

Animais:

- pecuária mista (corte e leite) em sistema semi-intensivo
- aves de postura
- aves de corte

Energéticos:

- microdestilaria (etanol de cana-de-açúcar) 100 litros/hora
- biodigestor(es)
- forno(s) de carvão

Trata-se de uma fazenda-modelo em implantação. Todas as culturas receberão adubação química e orgânica. O processo de desmatamento será manual com venda de madeira e aproveitamento para produção de carvão, das áreas desmatadas para as culturas e criações. O esterco de animais e resíduos das culturas serão utilizados no biodigestor que fornecerá adubação orgânica para as culturas. A viabilidade de compra de trator para as atividades de preparo das áreas será analisada no sistema. Da área total da propriedade, serão utilizados 800 ha para as atividades, uma vez que pelo menos 50% devem ser mantidos sob mata. Desses 800 ha, 34 se encontram sob capoeira e correspondem ao total da área a ser utilizada com cultura e estabelecimento de infra-estrutura. O restante, sob mata, será utilizado com pastagens, capineiras e plantios da cana-de-açúcar. A área com hortaliças não deverá ultrapassar a 1 ha.

O plantel inicial do rebanho bovino é de 50 cabeças, devendo estabilizar-se a partir do 5º ano, com um total aproximado de 110 animais. Dois galpões já estão construídos para avicultura de postura com 600 aves e de corte com 1.500 unidades.

- Atividades de Renda

Até o momento trabalha-se com unidades físicas, isto é, com toneladas de X_j , com unidades de hectare de terra para cultura (j), com unidades de mão-de-obra especializada ou não (b_j), (c_j) e assim por diante, na equação (1). A renda bruta das atividades e os

custos envolvidos são função de quantidades e preços. Para efeitos analíticos e comparativos, na matriz são inseridos os preços por unidade de cada produto. Porém, para simplificar a apresentação neste trabalho, é apresentado apenas o somatório na equação (3):

$$\sum_{\alpha} \sum_j X_j \cdot P_j = \sum_{\alpha} \sum_j Y_j \quad (9)$$

onde,

Y_j é a renda bruta das atividades X_j , com preços P_j . Os custos totais são expressos por:

$$\sum_{\alpha} \sum_j T \cdot P_T + \sum_{\alpha} \sum_j L \cdot P_L + \dots = \sum_{\alpha} \sum_j C_j \quad (10)$$

C_j representa o custo total dos fatores já definidos. A formulação matemática foi aqui também simplificada. A função objetivo de maximização de renda líquida se torna:

$$\begin{aligned} & \sum_{\alpha} \sum_j X_j \cdot P_j - \left(\sum_{\alpha} \sum_j T \cdot P_T + \sum_{\alpha} \sum_j L \cdot P_L + \dots \right) \\ & + \sum_{\alpha} \sum_j L^* \cdot P^*_L + \sum_{\alpha} \sum_j AOP_A + \dots = RL \Rightarrow \\ & \text{MAX!} \end{aligned} \quad (11)$$

RL define a renda interna global das diferentes culturas e explorações.

- Atividades e restrições para os fatores de produção

São considerados de maior relevância o conjunto de fatores: a terra, o trabalho e o capital, para o caso específico em estudo.

- Terra

A terra total disponível (T) na propriedade é classificada como apta para culturas anuais (TAGR), para culturas perenes (TCPE), para pecuária (TPEC), área para fins residenciais, infra-estruturas e outros serviços (TSER), reservas florestais (TFLO) e inaptas (TNAP). Consideram-se ainda aquelas que mesmo sendo aptas não estão, no momento, sendo cultivadas, representadas aqui por uma variável de folga (TREP). São então alternativas de uso da terra:

$$T = TAGR + TCPE + TPEC + TSER + TFLO + TNAP + TREP \quad (12)$$

As áreas aptas à agricultura e pecuária estão classificadas em terras sob capoeira (TCAP) e terras sob mata (TMAT).

$$PAGR + TCPE + TPEC = TCAP + TMAT \quad (13)$$

O somatório das terras utilizadas para as culturas não devem exceder à sua disponibilidade:

$$\lambda_{j\alpha} TAGR \leq \overline{TAGR} \quad (14)$$

Devido à melhor fertilidade das áreas para culturas, assume-se que estas, quando ociosas, podem ser utilizadas tanto para culturas perenes, bem como para pastagens, e as áreas de culturas perenes servem também para a pecuária. Assim, o máximo de terra disponível para tais finalidades fica:

$$\lambda_{j\alpha} TCPE \leq \overline{TCPE} + TAGR \quad (15)$$

$$\lambda_{j\alpha} TPEC \leq \overline{TPEC} + TCPE + TAGR \quad (16)$$

Devido às características da região, as terras inaptas podem também se converterem em reservas florestais, desde que estejam cobertas por matas. Neste caso, as inaptas assumiriam o valor zero. As condições de áreas mínimas para as culturas já foram estabelecidas anteriormente através das restrições de (3) a (16).

Para conservar a ecologia em equilíbrio na região, estabelece-se que no mínimo a propriedade deva conservar 50% de sua área com florestas, como determina a própria legislação:

$$TFLO \geq 0,5.T \quad (17)$$

— Mão-de-obra

Na equação (1), os coeficientes a_j , b_j representam o número de dias/homens necessários de mão-de-obra familiar (LF) ou contratada (LC), qualificada (L^*) e não-qua-

lificada (L) respectivamente, para a produção de uma unidade do produto j , dada uma tecnologia. No caso da fazenda A, dispõe-se de mão-de-obra familiar; para a Fazenda B será toda contratada. Como as atividades de implantação, conservação e colheita se dão em períodos determinados do ano, havendo maior variação para as culturas anuais, as necessidades de mão-de-obra não podem exceder às disponibilidades existentes para cada período considerado t . Para a força de trabalho não qualificada é válida a restrição:

$$\sum_{\alpha} \sum_j a_{j\alpha} X_{j\alpha}^t \leq \overline{LF}^t + \overline{LC}^t \quad (18)$$

e para a qualificada:

$$\sum_{\alpha} \sum_j b_{j\alpha} X_{j\alpha}^t \leq \overline{L^*C}^t + \overline{L^*F}^t \quad (19)$$

Pode-se assumir de que a contratação de mão-de-obra não-qualificada (LC) seja encontrada com relativa facilidade na região, tendo em vista inclusive a existência de desemprego no meio urbano. Para a mão-de-obra qualificada, como tratoristas, existe a possibilidade de não se encontrar facilmente. Isto demanda um pequeno levantamento de mercado para averiguar as condições concretas existentes na região. Deve-se acurar ainda com a possibilidade de treinamento desta mão-de-obra.

— Capital

Incluem-se, neste item, diversos insumos utilizados no processo produtivo, como equipamentos, máquinas e implementos, animais de trabalho, animais para a reprodução, cercas, galpões e silos. A restrição do capital não só deve ser considerada como um estoque global, mas específico para um grupo de culturas ou explorações:

$$\sum_{\alpha} \sum_j C_{j\alpha} X_{j\alpha} \leq \overline{K}_i \quad (20)$$

Determinadas tarefas na produção podem ser executadas tanto por animais de trabalho (KA), como por tratores (KT). A determinação de seu uso e em que quantidade fica na dependência da disponibilidade dos mesmos nas propriedades, das demais restrições constantes do modelo como mão-de-obra disponível no período t , para a execu-

ção da tarefa e dos custos incorridos para tanto. Assim, tem-se:

$$C_{ij\alpha} \cdot X_j^t \leq KA^t + KT^t \quad (21)$$

Outras restrições semelhantes devem ser estabelecidas para os demais tipos de capital considerados, de acordo com a realidade das duas fazendas consideradas.

Uma vez que são analisadas fazendas representativas em casos isolados, considera-se a oferta não restritiva para fertilizantes, defensivos etc., supondo que possam ser adquiridos no mercado. No caso da adubação orgânica (AO), fornecida por atividades internas na propriedade e limitada pelos plantéis de animais e/ou capacidade instalada em biodigestores, considera-se a restrição:

$$\sum_{\alpha} \sum_j d_{j\alpha} X_{j\alpha} \leq \overline{AO} \quad (22)$$

Os recursos financeiros necessários para o investimento e o custeio das propriedades provêm de recursos próprios da fazenda ou de créditos obtidos para finalidades agrícolas ou de outros a preços de mercado (Silva et al. 1983).

- Conservação do meio ambiente

Os objetivos de natureza ecológica orientam-se pelos princípios de não destruição, mas antes a conservação e melhoria do solo como recurso produtivo, de manutenção ou recuperação dos ecossistemas que dêem ao homem condições ótimas de vida e também aos animais domésticos e selvagens, e às próprias plantas.

A primeira preocupação diz respeito à conservação do solo como recurso produtivo, notadamente na Amazônia. Naturalmente que a erosão do solo (EROS) arrasta nutrientes valiosos, matéria orgânica e demais componentes do solo. Do ponto de vista econômico e ecológico é um objetivo reduzir a um mínimo essas perdas. Este objetivo é incorporado no presente modelo de forma que o solo perdido por hectare durante um ano, para as diferentes culturas e tecnologias, seja restringido (ERHA). As demais condições iguais, naturalmente que o modelo vai selecionar as culturas e tecnologias que aten-

dam essa exigência de perda mínima do solo. Matematicamente essas idéias são expressas da seguinte forma:

$$\sum_{\alpha} \sum_j \mu_{j\alpha} X_{j\alpha} \leq ERHA \quad (23)$$

O coeficiente μ indica a quantidade de terra (kg/ha) que a cultura j perde por erosão durante um ano. Como outros efeitos positivos, não quantificados neste modelo, cita-se o seu efeito benéfico para a conservação dos leitos naturais dos rios e a limpeza dos fundos dos açudes e lagos naturais. Outro objetivo refere-se ao controle na aplicação de defensivos.

A aplicação indiscriminada de defensivos, além dos próprios custos elevados, ainda tem efeitos adversos sobre o meio ambiente, sobre o próprio solo, polui as águas, elimina a fauna e destrói a flora. Pode causar sérios perigos para a própria saúde do homem. A pesquisa agropecuária no Brasil, nos últimos anos, tem-se preocupado sobremaneira com este problema. Como objetivo para a conservação da flora e da fauna e demais recursos, deve-se limitar a aplicação de defensivos. Alguns que causam problemas sérios ao meio ambiente devem ser proibidos; outros, dosados adequadamente.

Para os defensivos não proibidos (DEHA) a inequação (24) expressa a quantidade máxima permitida (kg/ha), para um período definido:

$$\sum_{\alpha} \sum_j m_{j\alpha} X_{j\alpha} \leq DEHA \quad (24)$$

- O Modelo Energético para Propriedades Típicas

A formulação matemática desenvolvida anteriormente deverá incluir interrelações na matriz para atender à principal função de sistema integrado. Não apenas se consideram as relações lineares entre fatores para constituir produtos ou as restrições à agregação desses fatores em seus limites, mas também as interrelações para o uso mais eficiente desses fatores e produtos na unidade como um todo.

Formas genéricas de visualizar essas interrelações são ilustradas em Gorgatti Neto & Cruz (1984) e são adaptadas ao caso espe-

TABELA 1. Composição da matriz por fontes de produção e usos alternativos.

| Atividades Produtos e Subprodutos | Produtos e Subprodutos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|-------------|----------|-------|--------|---------|-------|---------|----------|------------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|------|--------|-------------|-----------------|--------------------|-------------|---------|-----------------|------------------|--------|---------------|-------------------|--------------|--|
| | Horta | Batata-doce | Mandioca | Milho | Feijão | Abacaxi | Mamão | Guaraná | Maracujá | Frutas tropicais | Urucu | Cana-de-açúcar | Pecuária de corte | Pecuária de leite | Aves | Rações | Biodigestor | Microdestilaria | Geração de energia | Combustível | Silagem | Insumo agrícola | Consumo familiar | Vendas | Uso de trator | Uso de automotriz | Desmatamento | |
| Hortaliças | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Batata-doce | | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mandioca | | | * | | | | | | | | | X | X | | X | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Milho e feijão | | | | * | * | | | | | | | X | X | X | X | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Abacaxi | | | | | | * | | | | | | | | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Mamão | | | | | | | * | | | | | | | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Guaraná x maracujá | | | | | | | | * | * | | | | | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Fruteiras tropicais | | | | | | | | | * | | | | | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Urucu | | | | | | | | | | * | | | | | | | | | | | | | | | Z | | | |
| Colmo | | | | | | | | | | | o | | | | | | | Z | | | | | | | | | | |
| Cana Pontas | | | | | | | | | | | * | X | X | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Carne bovina | | | | | | | | | | | | * | * | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Leite | | | | | | | | | | | | | * | | | | | | | | | | Z | Z | | | | |
| Aves | | | | | | | | | | | | | * | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| Ovos | | | | | | | | | | | | | * | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| Esterco | | | | | | | | | | | o | * | * | | o | | | | | | | | o | | | | | |
| Cama de Aves | | | | | | | | | | | | | * | X | | | | | | | | X | | X | | | | |
| Rações | | | | | | | | | | | | X | X | * | | | | | | | | | | | | | | |
| Biofertilizantes | | | | | | | | | | | | | | | | o | | | | | | Z | | | | | | |
| Biogás | | | | | | | | | | | | | | | | o | | X | | | | | Z | | | | | |
| Álcool | | | | | | | | | | | | | | | | | o | X | Z | | X | X | X | Z | Z | | | |
| Bagaçó | | | | | | | | | | | | | | | X | X | o | Z | | X | | | | | | | | |
| Vinhoto | | | | | | | | | | | | | | | | X | o | | | | | Z | | | | | | |
| Silagem | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | * | | | | | | | | |
| Eletricidade | | | | | | | | | | | | | | | X | X | * | | | | | | X | | | | | |
| Palhas | | | | * | * | | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Hortaliças | * | | | | | | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Ramas Mandioca | | | * | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | X | | | | | | |
| Batata-doce | | * | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | X | | | | | | |
| Farinhademandioca | | | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | Z | | | | |
| Óleo Diesel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Z | | | X | | Z | Z | | |
| Madeiras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Z | | | * | |
| Lenha | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | | | | X | X | | | * | |
| Carvão vegetal | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | Z | | | | * | |

* Fontes de produção

X Usos Alternativos

o Z Situações Programadas

cífico das propriedades em análise. Uma vez que todas as atividades da fazenda A são contempladas na programação da fazenda B, utiliza-se um enfoque mais abrangente para descrever os dois processos (Fig. 1).

O modelo genérico que inclui as diversas atividades de auto-suprimento energético, em conexão com as relações de produção das

culturas e exploração animal pode ser visualizado como na Tabela 1. Culturas e animais fornecem resíduos de desmatamentos, esterco e restos culturais além de seus produtos (no caso da cana-de-açúcar, por exemplo) ao processamento, em biodigestores ou microdestilarias que retornam efluentes às culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.R.A. O dilema da política agrícola brasileira – produtividade ou expansão da área agricultável. Brasília, EMBRAPA-DID, 1983. 108p. (EMBRAPA-DID. Documentos, 29).
- BENCHIMOL, J. "The Free Trade Zone of Manaus: An Assessment of its Economic Effects". Berkeley, University of California. 1980. 98p. (Tese de Mestrado em Administração Comercial).
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO, Rio de Janeiro, RJ. *Produção vegetal*. Brasília, 1982. 77p. (CNPq. Ação programada em ciência e tecnologia, 3).
- CONTINI, E.; OLIVEIRA, A.J.; ARAÚJO, J.D. & GARRIDO, W.E. Os objetivos de aumento da produção agropecuária e a conservação do meio ambiente – um modelo regional, s.l., s.ed., 1984. 12p. Trabalho apresentado no Simpósio do Trópico Semi-Árido, 1. Recife, PE, 1982.
- FAO, Roma, Itália. *Export consultation on the development of integrated and mixed farming systems and water conservancies in rainfed areas*. Bangkok, 1983.
- FEARNSIDE, P.M. Land use trends in the Brazilian Amazon region as factors in accelerating deforestation. *Environmental Conservation*, 10(2), 1983a.
- FEARNSIDE, P.M. Development alternatives in the Brazilian Amazon: an ecological evaluation. *INTERSCIENTIA*, 8(2):65-78, 1983b.
- GORGATTI NETTO, A. & CRUZ, E.R. *Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural*. Brasília, EMBRAPA-PNPE/DEP, 1984. 240p.
- MATHUR, A.C. Present status of integrated farming systems in Asia and the Pacific – Brief Review. In: FAO, Roma, Itália. *Expert consultation on the development of integrated and Mixed Farming Systems and Water Conservancies in Rainfed Areas*. Bangkok, 1983.
- PERES, F.C.; CRUZ, E.R. da & P. FILHO, J.P. Programação matemática de sistemas agrícolas de bioenergia. In: GORGATTI NETTO, A. & CRUZ, E.R. da. *Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural*. Brasília, EMBRAPA-PNPE/DEP. p.103-16. 1984.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DA UNIDADE DE EXECUÇÃO DE PESQUISA DE AMBIENTO ESTADUAL DE MANAUS, Manaus, 1981.
- RICHTER, H.V. & ADAMS, R.I. *Implementação de sistemas integrados de produção de alimentos e energia*. Brasília, EMBRAPA-PNPE/DEP, 1984. 11p.
- SEERS, D. *The meaning of development in the political economy of development and underdevelopment*. New York, s.ed., 1973.
- SILVA, G.L.S.P. *Um modelo de programação linear recursiva do setor agrícola no Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, 1983. 129p.
- SMITH, T.J. & BASTOS, J.B. *Adubação fosfatada para milho e caupi em Latossolo Amarelo ácido do trópico úmido*. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, s.d. no prelo.
- TEIXEIRA, S.M.; CESAR, J. & OLIVEIRA, M.G.C. *Aspectos do desenvolvimento da agricultura no Estado do Amazonas*. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, s.d. no prelo.
- VILANI, D. & ADAMS, R.I. *Produção e consumo de energia renovável a nível de comunidade em pequenas propriedades rurais*: In: GORGATTI NETTO, A. & CRUZ, E.R. da. *Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural*. Brasília, EMBRAPA-PNPE/DEP, 1984. p.79-92.