

MASTER

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO AMAZONAS (FUAM)

Uma Avaliação EMergética da cidade de Itacoatiara
na Amazônia Central, sua Indústria de Compensado e Laminado,
e a Várzea da Bacia do Rio Madeira.

Vito Comar

Dezembro 1994

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO AMAZONAS (FUAM)**

RECEIVED

NOV 28 2000

OSTI

**Uma Avaliação EMergética da cidade de Itacoatiara
na Amazônia Central, sua Indústria de Compensado e Laminado,
e a Várzea da Bacia do Rio Madeira.**

Aluno: Vito Comar

Orientador: Dr. Philip Martin Fearnside

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Biologia Tropical
e Recursos Naturais do Convênio
INPA/FUAM como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Ciências Biológicas, área de
concentração Ecologia.**

Manaus, 1993

FICHA CATALOGRÁFICA

Comar, Vito

Uma Avaliação eMergética da cidade de Itacoatiara na Amazônia Central, sua Indústria de Compensado e Laminado, e a Várzea da Bacia do Rio Madeira/ Vito Comar. -- Manaus : INPA/FUAM, 1993.

xvii, 145 p. : il.

Dissertação de Mestrado

1.Impacto Ambiental - Itacoatiara (AM)
2.Energia 3.Compensado 4.Simulação-Modelagem matemática
I.Título

CDD 19a 333.71098113

Sinótese:

O sistema de produção de compensado das indústrias de Itacoatiara e o impacto da extração de madeira da várzea do Rio Madeira foram avaliados pelos fluxos de energia incorporada, ou eMergia, e pelo uso de modelos de simulação matemática, derivando índices específicos para comparação com outros processos similares. A cidade de Itacoatiara foi estudada em relação à carga energética da indústria e de outras componentes urbanas.

AGRADECIMENTOS

Sem o apoio e compreensão de indivíduos e instituições este trabalho não existiria. Meus agradecimentos:

- Aos professores, colegas e funcionários do curso de Mestrado em Ecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pelo convívio, orientação e ajuda durante os anos de 1990/91, quando do cumprimento dos créditos do atual curso.
- Ao povo de Itacoatiara e do Rio Madeira que com seu suor e sofrimento me abriram novas visões do heroísmo das populações amazônicas.
- À minha esposa, Sônia, pela paciência e incentivo.
- Às pessoas entrevistadas, que permanecendo no anonimato, colocaram suas contribuições neste mosaico regional.
- Ao meu orientador, Dr. Philip Martin Fearnside, por ter acreditado nos meus esforços.
- Ao Dr. Howard T. Odum por ter-me aceito como seu aluno durante um semestre e me orientado na compreensão da metodologia por ele concebida, no Center for Wetlands da Universidade da Flórida, EUA.
- Ao Dr. Mark T. Brown por ter contribuído com muito de seu tempo na estruturação deste trabalho e pelos seus esforços em continuar a me orientar à distância.
- Ao Dr. William Magnusson por me atentar inicialmente à importância da questão energética na avaliação dos sistemas biológicos e dos sistemas de produção humanos.
- Ao Prof. Henrique Pereira pela bibliografia sobre gastos energéticos.
- Ao Dr. Frederico Arruda, do Centro de Ciências do Ambiente, da Fundação Universidade do Amazonas, pelo incentivo e interesse no meu trabalho.
- Ao Sr. Lincoln A. Campos Alves pela sua amizade e apoio nas questões sócio-econômicas relativas à tese.
- Ao CODEAMA, na pessoa do seu Diretor, Dr. Samir Assis, e à Dona Celeste pelo fornecimento de dados.
- À Sub-Secretaria de Economia, Fazenda e Turismo do Estado do Amazonas, na pessoa da Dra. Rosa Pontes, para dados sobre arrecadações e impostos.
- Ao IBGE, na pessoa do seu bibliotecário, Sr. Nissin Isaac Pazuello, pelos dados e documentos sobre o Município de Itacoatiara.
- Ao Sr. Ideraldo, da Secretaria de Obras da Prefeitura de Itacoatiara, pelo constante apoio e compreensão.

- Ao Sr. Richard Bruce, da Selva Madeiras, de Itacoatiara, pelas suas contribuições.
- Ao Sr. Estevam, da EMATER, pelas informações sobre a produção agrícola do Município de Itacoatiara.
- Ao ICOTI, na pessoa de Dona Ricardina Maria Menezes dos Santos, pelas informações sobre o planejamento econômico e físico da cidade de Itacoatiara.
- À Comunidade Bahá'í de Itacoatiara, no casal Shahin e Thomas Rowan pelo seu apoio e hospitalidade, sempre presentes.
- Ao Governo Federal do Brasil e sua instituição de apoio à pesquisa, CAPES, pela bolsa de estudo que possibilitou minha participação no Mestrado de Ecologia no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).
- À WWF, na pessoa do Dr. Cleber Alho, pela ajuda financeira para meu treinamento no Center for Wetlands, da Universidade da Flórida, segundo contrato NQ 6640-003.
- Ao programa SUNY/BRAZIL da USAID, na pessoa do Dr. David Fletcher, pela bolsa de estudo para minha especialização no Center for Wetlands, da Universidade da Flórida, e da State University of New York, EUA.

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AGRADECIMENTOS | iv |
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| RESUMO | xii |
| ABSTRACT | xv |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| A exploração madeireira no Estado do Amazonas | 4 |
| Sistemas urbanos e recursos naturais | 8 |
| O paradigma mecanicista | 9 |
| Economia e valores | 11 |
| Avaliando o desenvolvimento | 16 |
| A teoria eMergética | 17 |
| Avaliando a capacidade de trabalho pelo uso da energia - um contexto histórico | 25 |
| MÉTODOS | 29 |
| Energia | 29 |
| eMergia | 30 |
| eMjoule | 30 |
| Princípio da maximização de eMergia | 30 |
| Dólar macroeconômico | 30 |
| Energia não-renovável | 31 |
| Energia renovável | 31 |
| Energias residentes | 31 |
| Transformidade | 31 |
| 1ª Etapa: Visão panorâmica pelos diagramas sistêmicos | 32 |
| 2ª Etapa: Tabelas de avaliação eMergética | 34 |
| 3ª Etapa: Cálculo dos índices eMergéticos | 35 |
| Razão eMergia por dinheiro | 35 |
| eMergia per capita | 35 |
| Densidade eMergética | 36 |
| Razão de troca eMergética | 36 |
| Razão de produção líquida por eMergia | 36 |
| Transformidade solar | 36 |
| A Razão Investimento por eMergia - Determinando a Intensidade do Desenvolvimento e a Competitividade Econômica | 38 |
| A Razão de Carga Ambiental - Determinando o Impacto Ambiental | 40 |
| Avaliando Razões de Investimento por eMergia Locais e Regionais | 41 |
| Determinando a Capacidade de Suporte para Investimentos Econômicos | 43 |
| Coleta de dados em Itacoatiara e Manaus | 45 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RESULTADOS | 46 |
| Avaliação geral do Brasil | 46 |
| A Bacia do Rio Madeira e Itacoatiara | 55 |
| Seguindo as transferências energéticas nas diferentes etapas da produção de compensados | 59 |
| Comparações entre Cortes CC' e DD' | 69 |
| DISCUSSÃO | 73 |
| Avaliação geral do país | 73 |
| Relação entre a indústria de laminados e compensados e a cidade de Itacoatiara | 75 |
| Comparando a Razão Investimento por eMergia do compensado com a do Brasil | 75 |
| A Razão de Investimento por eMergia como indicadora da intensidade de desenvolvimento | 77 |
| Comparando a eMergia do corte das toras e seu transporte aos dólares pagos FOB Itacoatiara | 78 |
| SIMULAÇÃO | 83 |
| Minimodelos Macroscópicos | 83 |
| A concepção do modelo | 84 |
| Iteração Digital | 85 |
| Equações diferenciais | 85 |
| Programando em BASIC | 86 |
| Equações de taxa de mudança | 87 |
| Calibração | 88 |
| Modelo da Indústria de Compensados e da População de Itacoatiara .. | 90 |
| Calibração do Modelo de Itacoatiara | 92 |
| Calculando coeficientes - fluxos por ano | 94 |
| Resultados da simulação usando fluxos de energia | 101 |
| Padrões gerais | 101 |
| Alterando as presentes taxas de fluxo | 104 |
| Pressão populacional externa | 104 |
| Emigração | 104 |
| Taxa de nascimento da população | 106 |
| Preço dos combustíveis | 106 |
| Preço do compensado | 106 |
| Área de extração | 107 |
| Modelo de simulação usando fluxos de eMergia | 108 |
| Resultados da simulação para fluxos de eMergia | 113 |
| Padrões gerais | 113 |
| Alterando as presentes taxas de fluxos | 115 |
| Pressão populacional externa | 115 |
| Emigração | 115 |
| Taxa de nascimento | 117 |
| Preço dos combustíveis | 117 |
| Preço do compensado | 118 |
| Área de extração | 118 |

| | |
|----------------------------------------------|-----|
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 119 |
| Anexo A - Formulário de entrevista | 131 |
| Anexo B - Fontes de dados | 132 |
| LITERATURA CITADA | 134 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. | Transformidades Solares típicas (em emjoules solares por joule) | 23 |
| 2. | Avaliação eMergética do Brasil (dados estatísticos de 1989) | 48 |
| 3. | Índices eMergéticos do Brasil, 1989 | 51 |
| 4. | Índices eMergéticos comparativos para Papua e Nova Guiné Brasil, Mexico e os Estados Unidos | 53 |
| 5. | Avaliação eMergética do sistema da várzea, corte AA' | 60 |
| 6. | Avaliação eMergética das toras extraídas, corte BB' | 62 |
| 7. | Avaliação eMergética do sistema de Itacoatiara, corte CC' | 64 |
| 8. | Avaliação eMergética do sistema de Itacoatiara,, corte DD' | 67 |
| 9. | Fluxos eMergéticos para a Indústria e a cidade | 71 |
| 10. | Comparação de valores eMergéticos e de dinheiro para extração e transporte de toras | 80 |
| 11. | Calculando e calibrando coeficientes | 89 |
| 12. | Modelo da indústria de compensado e da população de Itacoatiara: cálculos energéticos | 99 |
| 13. | Resultados da simulação energética para diferentes fatores de tempo | 103 |
| 14. | Resultados da simulação energética: alterando as taxas de fluxo . . . | 105 |
| 15. | Modelo da indústria de compensado e da população de Itacoatiara: cálculos eMergéticos | 110 |

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16. | Resultados da simulação eMergética para diferentes fatores de tempo | 116 |
| 17. | Resultados da simulação eMergética: alterando as taxas de fluxo . . | 118 |
| 18. | Adição de 24% da eMergia usada na cidade à indústria | 121 |
| 19. | Diminuindo o dinheiro enviado para o Sul e aumentando o uso local dos produtos de laminados e compensados | 126 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Comparação da visão tradicional da economia mundial e da concepção de Odum | 3 |
| 2. | Razão de Produção por eMergia para avaliar uma fonte primária de energia | 19 |
| 3. | Símbolos da linguagem energética usados para representar sistemas | 20 |
| 4. | Transferências energéticas | 22 |
| 5. | Diagrama sistêmico generalizado e agregado | 33 |
| 6. | Razão Produção por eMergia, Razão de Troca eMergética e Transformidade | 37 |
| 7. | Razão Regional de Investimento por eMergia, Razão de Carga Ambiental da economia regional e Razão Regional de Produção por eMergia . . . | 39 |
| 8. | Razões para um setor econômico dentro de uma economia regional . . | 42 |
| 9. | Diagrama eMergético do Brasil (fluxos em unidades de eMergia) | 47 |
| 10. | Assinatura eMergética do Brasil | 54 |
| 11. | Itacoatiara e a Bacia do Rio Madeira dentro do Estado do Amazonas . | 56 |
| 12. | Diagrama das transferências eMergéticas desde a madeira até o compensado | 58 |

| | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13. | Sistema de produção das fábricas de compensado (unidades eMergéticas) | 66 |
| 14. | eMergias proporcionais gastas pela indústria e pela cidade | 72 |
| 15. | Crescimento populacional de Itacoatiara e taxas de urbanização por década | 76 |
| 16. | Diagrama do modelo de simulação energética para Itacoatiara | 91 |
| 17. | Diagrama do modelo de simulação eMergética para Itacoatiara | 91 |
| 18. | Gráfico dos resultados da simulação energética | 102 |
| 19. | Gráfico dos resultados da simulação eMergética | 112 |
| 20. | Gráfico dos resultados da simulação eMergética: enviando apenas um quarto do dinheiro das vendas de compensado para fora do sistema | 127 |
| 21. | Gráfico dos resultados da simulação eMergética: enviando apenas um quarto do compensado para os mercados externos e usando-o na cidade | 128 |
| 22. | Gráfico dos resultados da simulação eMergética: cenário de pequena cidade | 130 |

RESUMO

A indústria de compensado de Itacoatiara, sua relação com a cidade em termos de mão-de-obra, bens, insumos e serviços, e a relação entre a extração industrial da madeira e a várzea do Rio Madeira, também como a relação da indústria com os mercados externos, foram estudados.

Na primeira parte da tese, a avaliação eMergética desenvolvida pelo Dr. H.T. Odum e sua equipe é apresentada no contexto das atuais correntes do pensamento econômico, e sua metodologia é definida. O termo 'eMergia' refere-se à energia incorporada, ou à energia solar equivalente, representada por cada item, considerando todas as transformações energéticas que foram necessárias para produzi-la desde as fontes primárias de energia.

Para poder definir a indústria de compensado e Itacoatiara dentro do cenário nacional, foi feita uma avaliação eMergética do Brasil. Ela mostrou que houve uma diminuição no poder de compra em eMergia, desde a última avaliação (realizada em 1983 por H.T. Odum e E.C. Odum), de uma razão de eMergia por dinheiro de 6,9 E12 sej/\$ a 6,08 sej/\$, usando dados brasileiros de 1989. O Brasil é também uma nação "provedora de recursos" com uma perda de eMergia líquida no comércio exterior: um grande valor eMergético está sendo exportado em minérios, madeira e produtos da agricultura com pouca energia retornando pelos pagamentos monetários.

A avaliação eMergética foi então aplicada a um estudo de caso em Itacoatiara, seguindo o caminho das toras extraídas da floresta de várzea, transportadas e processadas, e finalmente vendidas, registrando todos os inputs eMergéticos em quatro cortes selecionados dentro do processo. Vários índices

eMergéticos, como a Razão Produção por eMergia e a Razão de Investimento por eMergia, foram calculados. Uma comparação foi feita entre as eMergias usadas na extração e no transporte das toras com o valor eMergético dos dólares pagos pelas indústrias para toras FOB Itacoatiara, resultando em despesas eMergéticas 12,25 vezes maiores do que o valor emergético pago pela indústria em dólar. Considerando o valor médio pago para madeira de exportação em toras, que foi menos do que a metade que a indústria teve que pagar, a despesa eMergética seria 31 vezes mais alta do que o valor eMergético do dólar. Esta diferença denota a incapacidade do dinheiro em representar uma medida realística dos gastos energéticos e dos verdadeiros custos da combinação dos recursos naturais e humanos.

Na segunda parte do trabalho, minimodelos macroscópicos (definidos na seção de simulação) foram usados para simular os vários componentes dentro da cidade e sua relação com a área de extração da madeira, que era exclusivamente área de floresta de várzea. Programas simples na linguagem BASIC foram usados. O primeiro modelo usou os fluxos energéticos entre os componentes do sistema e entre eles e os fatores externos como as fontes naturais de energia, as fontes de bens, insumos e serviços, e os mercados externos para os produtos de compensado. O segundo modelo considerou os fluxos eMergéticos e os estoques desses mesmos componentes e fontes.

O sistema evidencia uma grande perda de eMergia, pois a indústria exporta produtos acabados e rendas para fora do sistema, e apenas mantém suas estruturas. Este tipo de sangria é característico de economias extrativas de "ascensão e queda". O valor eMergético para o compensado e laminado exportados é 31 vezes maior do que a quantia paga pelas nações importadoras.

Uma série de cenários alternativos indica que melhorias substanciais no bem-estar local são possíveis se uma menor proporção dos ganhos da venda de compensado é enviada para fora do sistema e se as pessoas morassem em cidades menores. Os resultados apoiam as argumentações do Brasil e de outras nações em desenvolvimento de que os prevalentes termos comerciais, no atual sistema econômico, são grosseiramente desleais. Os resultados também propõem a questão de quais mudanças institucionais e garantias seriam necessárias para ter um preço internacional para matérias-primas mais justo (quer dizer: mais alto): que resulte em usos sustentáveis de recursos, em vez de meramente acelerar sua destruição, uma vez que até a legislação existente para o reflorestamento não tem sido obedecida nem imposta.

INTRODUÇÃO

Decidir como administrar os recursos naturais no melhor interesse das populações humanas é um dos assuntos mais críticos da atualidade. Há uma urgente necessidade para estudos integrados de processos humanos e naturais, e para o desenvolvimento de estratégias de manejo que reconheçam e promovam as conexões vitais entre os dois. As disciplinas da economia e da ecologia não podem abordar independentemente os problemas que estamos enfrentando. Questões como a otimização do uso de recursos, a administração igualitária no mercado internacional, a superexploração dos recursos, a perda de diversidade biótica ou as modificações climáticas, não podem ser resolvidas focalizando aspectos isolados de um problema maior. Uma visão mais abrangente torna-se necessária. Precisa-se integrar os sistemas da humanidade e da natureza sem tratar as atividades dos seres humanos e os processos produtivos da biosfera como entidades distintas, uma tendo o domínio absoluto sobre a outra. Um novo paradigma para este tipo de avaliação está surgindo.

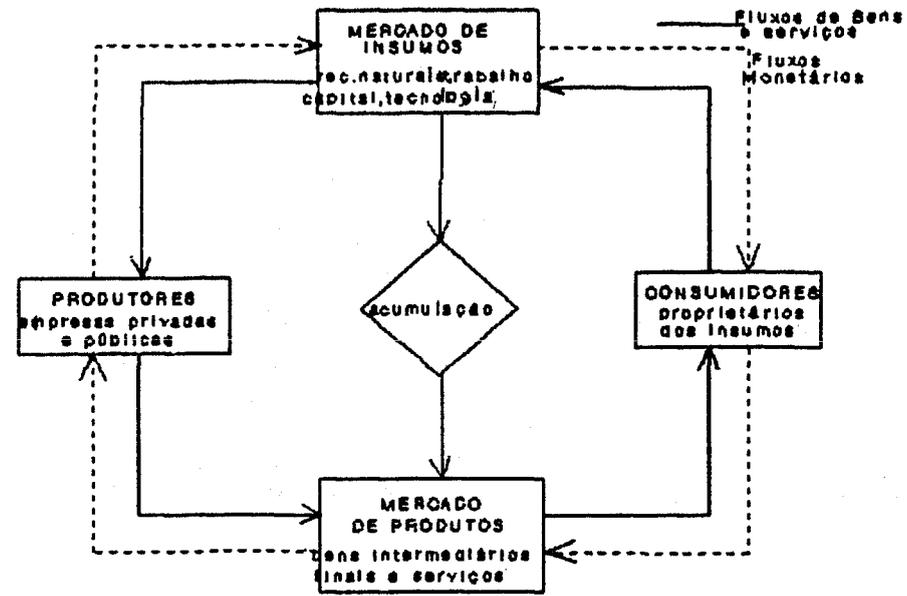
Da mesma forma em que as economias distintas de nações individuais estão se tornando cada vez mais entrelaçadas num sistema econômico mundial, torna-se bastante claro que o bem-estar econômico e a estabilidade ecológica dependem do desenvolvimento de uma interface entre a ecologia e a economia.

Soluções não serão encontradas no estudo dos sintomas resultantes das interações entre culturas humanas e a natureza, dentro dos confins de disciplinas científicas separadas, mas numa abordagem holística que integre a humanidade e

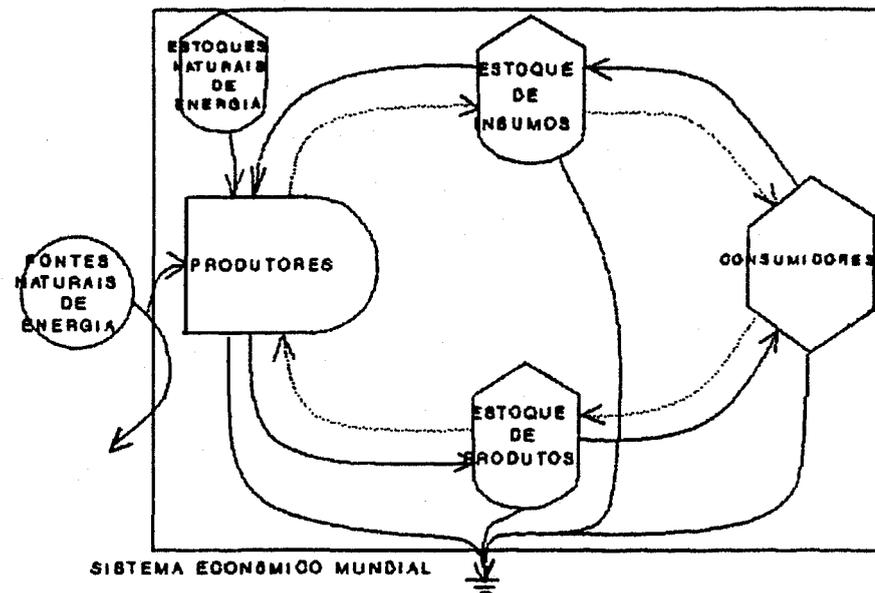
a natureza em padrões simbióticos e sustentáveis para seu futuro comum.

Uma avaliação da eMergia, escrito com m, ou energia incorporada nas várias componentes e processos dos ecossistemas (Odum 1983; Odum e Odum, 1983), esclarece a interdependência entre a economia humana e os sistemas naturais, onde a energia é usada como denominador comum para medir atividades em ambos os tipos de sistemas. A avaliação dos principais fluxos de eMergia providencia medidas quantitativas do sistema ecológico-econômico da área estudada. Decisões sobre o uso de recursos naturais não podem ser tomadas corretamente usando o dinheiro, pois dinheiro é apenas pago por serviços prestados, enquanto uma comparação usando a eMergia pode ser feita para escolher entre alternativas ambientais. O modelo global dentro desta visão econômica inclui a economia da natureza e suas contribuições (Figura 1b).

A falta de conhecimento teórico e de dados confiáveis é um fator agravante ao dreno constante de recursos naturais da Bacia Amazônica, que a deixam cada vez mais desvalorizada. Este é o caso, particularmente, da indústria de extração e exportação de madeira. Até agora os recursos madeiros não têm sido repostos e as metodologias que estabelecem um sistema quantitativo de valores, que represente realisticamente ciclos biológicos e interações humanas dentro de ecossistemas, são urgentemente necessárias. Esta tese usa a avaliação eMergética e técnicas de modelagem de Howard Odum como ferramenta tecnológica para abordar esta questão. A avaliação emergética é também útil como um meio para integrar diferentes disciplinas, iniciando por uma perspectiva ecológica e um conhecimento biológico baseado nos fluxos energéticos dentro dos ecossistemas e entre eles e as atividades humanas que eles sustentam.



(a)



(b)

Figura 1 - Comparação da visão tradicional da economia mundial e da concepção de Odum.

A exploração madeireira no Estado do Amazonas

De acordo com o Código Florestal Federal de quase 30 anos atrás (1965), Artigos 19, 20 e 21 da Lei No. 4.771/65 e regulamentos relativos, a reposição florestal é uma obrigação legal. Atualmente, após uma série de emendas, para cada metro cúbico de madeira extraída um mínimo de 6 árvores devem ser plantadas. Esta lei não está sendo obedecida nem feita cumprir. Existe até um Fundo Federal para Reposição dos Estoques Florestais, mas durante os últimos 40 anos o Estado do Amazonas usou 30 milhões de árvores (dados oficiais), das quais apenas 3,2 milhões foram replantadas (Jansen, 1991). De acordo com Jansen (1991), 4 milhões de árvores deveriam ser plantadas anualmente para alcançar um estado de equilíbrio entre extração e reflorestamento.

Na sua avaliação do consumo de madeira e sua reposição obrigatória no Estado do Amazonas, Jansen e Alencar (1991) mostraram que:

- o Poder Executivo Federal arrecada mal e pouco deste fundo de reposição;
- até 1991 apenas 12,81% daquilo que deveria ter sido plantado foi de fato plantado, existindo então um déficit, considerando apenas os valores declarados para madeira extraída, de aproximadamente 30.367.170 árvores, acumulado num período de 23 anos;
- embora o consumo declarado de madeira tenha aumentado 14 vezes em 40 anos, seus preços caíram 4 vezes no mesmo período;
- a partir de uma matriz de informações cruzadas de 40 anos de dados oficiais coletados por 3 instituições (SEFAZ, CODEAMA, IBAMA), sabemos agora QUANTO, o QUE e ONDE plantar. A legislação também não está sendo cumprida porque é desconhecida pela maioria do público;

- o uso dos recursos madeireiros no Estado do Amazonas é feito de forma predatória. Tais recursos não têm sido fatores de enriquecimento das populações locais, nem eles têm gerado rendas para sua recomposição;
- constata-se a incapacidade do Poder Executivo em pelo menos efetuar a reposição da quantidade declarada como consumida. Também os volumes de madeira não-declarados não são conhecidos.

" Quando a obtenção de um determinado recurso econômico implica em sua extinção, ou quando a velocidade de recuperação deste recurso é inferior à velocidade de exploração extrativa, fica tipificado o extrativismo por aniquilamento." (Homma, 1982, citado em Jansen e Alencar, 1991). Homma cita a extração madeireira entre outros exemplos.

A presente ênfase na agricultura, sem a devida consideração do uso do capital dos recursos naturais e a falta de vocação agrícola do ambiente, é outro fator negativo na sangria de bens florestais (Jansen e Alencar, 1991).

A exploração seletiva de espécies madeireiras de maior demanda (Bruce, 1976) é também uma ameaça, e este empobrecimento genético não pode ser detectado por imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto (Santos, 1987). As espécies mais ameaçadas no estado do Amazonas encontram-se nas áreas de várzea, onde a extração tem acontecido tradicionalmente por séculos, usando o movimento natural de subida e descida das águas dos rios. As áreas de várzea suprem os maiores volumes de madeira para a indústria (Jansen e Alencar, 1991). Como existem poucos dados para estes ecossistemas florestais (Barbosa, 1987,

citado em Jansen e Alencar, 1991), as técnicas de modelagem e a metodologia de avaliação eMergética podem oferecer uma contribuição substancial.

Entre outras medidas tais como bancos de sementes, tecnologia de sementes, estudos de propagação vegetativa e plantios das espécies mais consumidas, uma série de obrigações para agências governamentais e empresas privadas para implementar o Fundo Federal de Reposição Florestal por um plano de reflorestamento para o estado do Amazonas, Jansen e Alencar sugerem o estudo integrado de silvicultura e práticas de manejo florestal em áreas selecionadas da várzea. Estas áreas deveriam estar perto de populações rurais e seu uso deveria lhes poder oferecer alternativas de desenvolvimento ecologicamente sustentável. Eles também alertam sobre as dimensões sócio-políticas da questão onde a falta de títulos de terra, infraestruturas educacionais e de saúde, limitam a vontade das populações ribeirinhas locais de investir em reflorestamento. Eles preferem emigrar para incrementar as economias informais e as favelas de áreas urbanas (Jansen e Jansen, 1982).

Um outro fator contrário à aplicação de manejo florestal sustentado é representado pela existência de altas taxas de desconto, acima de 10%, pelas quais o manejo florestal sustentado não pode competir com outros investimentos ou retornos financeiros tais como o mercado de ações e a especulação imobiliária. Novas formas de avaliar valores de estoques florestais e novas propostas para desenvolvimento sustentado devem ser formuladas. Uma re-estruturação institucional básica e mudanças funcionais no sistema econômico do manejo florestal devem acontecer (Fearnside, 1993). Mais uma vez o uso da avaliação eMergética, como ferramenta para um novo sistema de valores que integre a

economia aos processos ecológicos e aos métodos de produção humana, torna-se útil.

O presente estudo providencia uma estrutura simplificada para avaliar a indústria de extração de madeira, que usa as áreas extrativas da várzea como um sistema e avalia a indústria de compensado de Itacoatiara. O estudo identifica as componentes funcionais principais do sistema e seus relacionamentos, e interpreta os resultados em termos do comportamento do sistema como um todo. Espera-se assim oferecer elementos para um uso sustentado de recursos florestais como alternativa de desenvolvimento às populações locais. A avaliação eMergética é aqui usada como ferramenta metodológica para:

1. medir os presentes fluxos de energia incorporada, ou eMergia, dentro do sistema, e do sistema para área de extração madeireira de Itacoatiara e suas fábricas de compensado;
2. avaliar as contribuições relativas dos recursos naturais e produzidos pelo homem ao processo de produção de compensados;
3. extrapolar as presentes tendências em um modelo de simulação eMergética, considerando diferentes possíveis cenários;
4. providenciar diretrizes para definir tamanhos de cidades e dimensões da área de extração de madeira dentro da capacidade de suporte do ambiente.

Torna-se importante agora considerar os sistemas urbanos em relação aos recursos naturais que os sustentam.

Sistemas urbanos e recursos naturais

A investigação do impacto dos sistemas urbanos no ambiente natural da Amazônia Central em relação ao uso de energia e dos recursos naturais nos processos produtivos, comerciais e de subsistência, é de grande interesse hoje, uma vez que os processos históricos atuantes estão pressionando as populações humanas a se constituírem em aglomerações urbanas cada vez maiores (Bunker 1985; Sachs, 1986). A maximização do uso dos recursos ou o desperdício das fontes naturais e produzidas de energia, a integração dos componentes do sistema urbano neste aproveitamento e o padrão de desenvolvimento espacial da cidade, devido a estes relacionamentos, são fatores críticos a serem analisados.

Através da esquematização, diagramação e do monitoramento dos sistemas energéticos, a nível urbano, temos condição de observar seu comportamento em relação ao tempo. O processo de avaliação para a tomada de decisões deveria ser baseado na ponderação dos benefícios e/ou perdas resultantes do uso de recursos (Postel, 1990).

A evolução de modelos que representem realísticamente a complexidade de diferentes sistemas urbanos é um desafio constante para urbanistas e planejadores. Os sistemas urbanos não são avaliados através de uma medida indexadora única, aplicada tanto aos processos internos à cidade quanto aos fluxos de energia vindos do ecossistema natural. Os impactos neste ecossistema também não são relacionados aos custos energéticos reais que o produziram. O estudo dos fluxos de energia e recursos que ligam as atividades urbanas ao seu ambiente natural, na base de um indexador único, pode vir a definir distorções

e desequilíbrios presentes nos sistemas urbanos.

Conceitos de análise de sistemas e de princípios energéticos são usados em simulações de processadores para entender o caráter, a qualidade e a quantidade dos fluxos de recursos e energias que interagem dentro do sistema urbano e entre ele e o ambiente natural. A abordagem energética, acompanhada por modelos matemáticos de simulação, representa um instrumento dinâmico e adaptável capaz de identificar tendências e ajudar na comparação de diferentes alternativas de desenvolvimento urbano.

O paradigma mecanicista

A transição do modo de produção feudal para o modo de produção capitalista, no século XVI, testemunhou o nascimento do paradigma mecanicista baseado num sistema de valores antropocêntrico, de competição individualista, de submissão da natureza ao homem, tanto a nível de seu uso quanto a nível científico (Heilbroner, 1987). O crescimento, como fenômeno quantitativo, tornou-se sinônimo de desenvolvimento. Estes valores estão respaldados até as presentes metodologias de mensuração do desenvolvimento. Variáveis macroeconômicas como o incremento anual do Produto Nacional Bruto (PNB), ou de renda per capita, imputam apenas o valor dos custos de produção e do trabalho humano aos bens e serviços. A economia não reconhece, atualmente, o valor de qualquer outro processo de produção a não ser o humano (Odum, 1972; Capra, 1982).

Embora a aplicação dos valores mecanicistas tenha resultado na melhoria das condições sanitárias em certas regiões do planeta, crescimento na oferta de bens e serviços a um mercado que os possa comprar, avanço nos sistemas de transportes e comunicações reduzindo distâncias e barreiras culturais, um melhor conhecimento dos sistemas naturais através da indagação científica, sua continuação como abordagem dominante no comportamento sócio-econômico e suas aplicações tecno-científicas nos levará ao completo desequilíbrio com nosso meio (Buarque, 1990).

Atualmente, tanto entre países quanto entre classes sociais, a distribuição de renda, derivada da aplicação dos valores mecanicistas, é grandemente desigual e 60% da população mundial vive em condições de vida precárias. Isto indica que este modelo sócio-econômico e administrativo mundial é deficitário e falido.

Esta negligência em gerenciar tanto os recursos humanos quanto naturais tem solapado a estabilidade das estruturas sociais, exaurido fontes de recursos, prejudicado ecossistemas essenciais, extinguido espécies e minado o delicado equilíbrio biótico e climático do planeta.

" A consciência ecológica tornou claro que, em última análise, os limites ecológicos para um crescimento econômico ininterrupto podem-se manifestar por alterações indesejáveis e perigosas no clima e nos principais ciclos naturais (Sachs, 1986)."

Uma revisão dos conceitos econômicos e do sistema de valores que os sustentam, torna-se importante.

Economia e valores

A economia é definida como a disciplina que se ocupa da produção, da distribuição e do consumo de riquezas. Tenta determinar o que é valioso num dado momento, estudando os valores relativos de troca de bens e serviços. Portanto, a economia é, entre as ciências sociais, a mais normativa e a mais claramente dependente de valores.

A economia atual caracteriza-se pelo enfoque reducionista e fragmentário típico da maioria das ciências sociais. De um modo geral, os economistas não reconhecem que a economia é apenas um dos aspectos de todo um contexto ecológico e social: um sistema vivo composto de seres humanos em contínua interação com seus recursos naturais, a maioria dos quais, por sua vez, constituída de organismos vivos.

O triunfo da mecânica newtoniana nos séculos XVIII e XIX estabeleceu a física como o protótipo de uma ciência 'pesada' pela qual todas as outras ciências eram medidas (Capra, 1982).

Um outro aspecto dos fenômenos econômicos, crucialmente importante mas seriamente negligenciado pelos economistas, é o da evolução dinâmica da economia. Os sistemas econômicos estão em contínua mudança e evolução, dependendo dos igualmente mutáveis sistemas ecológicos e sociais em que estão implantados. Para entendê-los necessitamos de uma estrutura conceitual que seja também capaz de mudar e de se adaptar continuamente a novas situações.

Adam Smith e Thomas Malthus previram o esgotamento dos recursos naturais, principalmente das terras usadas para agricultura, devido ao crescimento industrial e demográfico (Smith, 1776; Sunkel e Paz, 1976). David Ricardo propôs a liberação do comércio internacional e o uso de melhores técnicas de cultivo para adiar o 'estado estacionário' que resultaria da falta de terras cultiváveis e de recursos naturais, mas confirmou sua irreversibilidade. A visão histórica de Karl Marx, onde os meios de produção transformam as relações homem/homem a homem/ambiente na dinâmica do tempo, e onde o trabalho é visto como a medida indexadora única, embora ainda antropocêntrica, o coloca na fronteira entre os paradigmas mecanicista e holístico (Oliveira, 1993).

A evolução de uma sociedade, inclusive a evolução do seu sistema econômico, está intimamente ligada a mudanças no sistema de valores que serve de base a todas as suas manifestações. Uma vez expresso e codificado o conjunto de valores e metas, ele constituirá a estrutura das percepções, intuições e opções da sociedade para que haja inovação e adaptação social. À medida que o sistema de valores culturais muda, frequentemente em resposta a desafios ambientais, surgem novos padrões de evolução cultural. O estudo dos valores é, pois, de suprema importância para todas as ciências sociais; é impossível existir uma ciência social "isenta de valores" (Capra, 1982).

" O prazer e o sofrimento são, sem dúvida, o objetivo final dos cálculos econômicos. Para satisfazer até um máximo nossas necessidades com um mínimo de esforço..., ou, em outras palavras, maximizar o prazer é o problema na economia (Jevons, 1871, citado em Capra, 1982)."

Embora matematicamente não se possa minimizar um fator e maximizar um outro ao mesmo tempo, esta declaração tipifica as atitudes econômicas atuais. Hoje, os economistas, numa tentativa de dotar sua disciplina de embasamento

científico, evitam sistematicamente a questão de valores não-enunciados. Os únicos valores que figuram nos modelos econômicos atuais são aqueles que podem ser quantificados mediante a atribuição de pesos monetários (Capra, 1982). Essa ênfase dada à quantificação confere à economia a aparência de uma ciência exata. Ao mesmo tempo, contudo, ela restringe severamente o âmbito das teorias econômicas na medida em que exclui distinções qualitativas que são fundamentais para o entendimento das dimensões ecológicas, sociais e psicológicas da atividade econômica. Por exemplo, a energia é medida apenas em quilowatts, independentemente de sua origem; nenhuma distinção é feita entre bens renováveis e os não-renováveis; e os custos sociais de produção são adicionados como contribuições positivas para o Produto Nacional Bruto (Capra, 1982).

" Economistas ambiciosos elaboraram elegantes soluções matemáticas para problemas teóricos com escassa ou nenhuma importância para as questões públicas." *Washington Post*, 20 de Maio de 1979 (citado em Capra, 1982).

" Acredito que nós, economistas, em anos recentes, causamos grandes danos - à sociedade, em geral, e à nossa profissão, em particular -, ao pretendermos dispor de mais do que podemos realmente oferecer. " Milton Friedman. 1972. *Annals of the American Economic Association Conference* (citado em Capra, 1982).

" O que os economistas precisam fazer com a máxima urgência é reavaliar toda a sua base conceitual e recriar seus modelos e teorias fundamentais em conformidade com essa reavaliação. A atual crise econômica só será superada se os economistas estiverem dispostos a participar da mudança de paradigma que está ocorrendo hoje em todos os campos. Tal como na psicologia e na medicina, a substituição do paradigma cartesiano por uma visão holística e ecológica não tornará as novas abordagens menos científicas, mas, pelo contrário, as fará mais compatíveis com as novas conquistas nas ciências naturais." (Capra, 1982).

A macroeconomia moderna, Keynesiana em origem, estuda o funcionamento global do sistema econômico como um conjunto de interações dinâmicas entre produtores e consumidores. O esquema global da economia capitalista deste ponto

de vista não considera o governo ou os setores externos como agentes separados (Fonseca, 1991 - ver Figura 1).

Na medida em que ocorre uma acumulação, os estoques de todos os suprimentos, com exceção dos estoques de recursos naturais, aumentam. Enquanto a regeneração de todos os outros suprimentos (mão-de-obra, tecnologia e capital) está controlada pelos seres humanos, a reposição dos estoques de recursos naturais é regulada pela dinâmica dos ecossistemas terrestres. Qualquer aumento na acumulação de estoques representa uma diminuição proporcionalmente maior no volume dos recursos naturais. A velocidade da renovação dos recursos naturais pela ação da natureza é muito inferior à velocidade do crescimento industrial. Este fator fundamental não está considerado no modelo Keynesiano nem em qualquer outro modelo macroeconômico (Oliveira, 1993).

No modelo keynesiano, o investimento adicional aumentará sempre o emprego e, portanto, o nível total de renda, o que, por sua vez, levará a uma maior demanda de bens de consumo. Desse modo, o investimento estimulará o crescimento econômico e aumentará a riqueza nacional que, finalmente, "escorrerá aos poucos" para os pobres. O modelo keynesiano é hoje inadequado porque ignora muitos fatores que são fundamentais para a compreensão da situação econômica. Ele se concentra na economia interna, dissociando-a da rede econômica global e desprezando os acordos econômicos internacionais; negligencia o poder político das empresas multinacionais, não dá atenção às condições políticas e ignora os custos sociais e ambientais das atividades econômicas. Assim sendo, não pode formular previsões realísticas (Capra, 1982).

Diferentes métodos de avaliação de impacto ambiental têm procurado desenvolver uma abordagem integrada aos vários processos envolvidos como identificação, medição e predição (Canter, 1966; Munn, 1979; Shopley e Fuggle, 1984). Abordagens econômicas de custo e benefício para tais análises têm sido aplicadas para avaliar transações de recursos (Westman, 1985). Mesmo se o preço de um serviço ambiental é tomado como positivo, a fonte de valor é ainda vista como sendo sujeita às vontades individuais e não em relação às necessidades objetivas de seres humanos e de outras espécies, consideradas como entidades biológicas entrelaçadas em comunidades ecológicas e sistemas sociais. De que forma então podemos avaliar serviços ambientais e como podemos integrar estes valores nos processos de tomada de decisões ?

Os sistemas de contabilidade social, desde François Quesnay até hoje, não tomaram conta dos estoques de recursos naturais (Rossetti, 1991). A contabilidade social, dentro das macroeconomias, não reconhece o trabalho realizado pelos ecossistemas na produção de recursos, a assim-chamada "economia da natureza", tanto que na metodologia do valor adicionado (Fonseca, 1991) o custo das matérias-primas, enquanto não usadas pelo sistema econômico, é não-existente, e estas não têm nenhum valor intrínseco antes de ser usadas pelo homem. Infelizmente, esta visão macroeconômica serviu como base para a institucionalização de um conjunto de indicadores econômicos, políticos e sócio-econômicos, adotados pelas Nações Unidas para medir o desenvolvimento nacional. Todos estes indicadores são apenas quantitativos e não medem o impacto das atividades econômicas sobre o ambiente.

Avaliando o desenvolvimento

Os problemas acima mencionados têm sido agravados pela formulação de políticas econômicas a curto e longo prazo que desrespeitam a contribuição do planeta ao nosso bem-estar, nada devolvendo a um sistema natural que tem seus limites. Estas considerações têm impulsionado novas direções, tanto na concepção de novos valores quanto numa abordagem científica mais ousada e criativa com aplicações práticas. É o emergente "paradigma holístico" (Capra, 1982) onde a cooperação e o uso adequado dos recursos substituem individualismo e acumulação de bens e "o homem é apenas um fio na trama da vida, ele não a tece." (Chefe Indígena Seattle, 1854, citado em Sachs, 1986).

Esta nova concepção explicita a formulação de políticas de desenvolvimento que levem em consideração os impactos ambientais delas derivados, a definição de eficiência empresarial como a otimização entre lucros, relações trabalhistas mais humanas, qualidade do produto final e baixo impacto ambiental. Isto é "ecodesenvolvimento", ou "desenvolvimento que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente prudente (Sachs, 1986)." A "qualidade de vida" vem a ser um fenômeno multidimensional e dinâmico, incluindo crescimento, racionalidade, alocação espacial, impacto social e ambiental (Oliveira, 1993).

Os atuais indicadores econômicos necessitam destas novas variáveis para avaliação e mensuração das atividades econômicas regionais, nacionais e internacionais.

A teoria eMergética

A teoria sugere (Odum 1971, 1983; Odum e Odum 1983) que as economias tanto da natureza quanto dos seres humanos se organizam de forma a desenvolver a máxima energia incorporada possível, desta maneira elas conseguem prevalecer e sustentare-se em preferência a outras alternativas. A base teórica se encontra no Princípio da Maximização do Poder (Lotka 1922a, 1922b, e 1945, citado em Odum, 1983). Para esta maximização qualquer economia desenvolve uma organização de processos úteis que aumenta sua produção total através da uma retroalimentação positiva, superando os fatores limitantes. A questão não é que existam atualmente processos que desperdiçam energia incorporada, não reforçando seus processos produtivos e assim violando o princípio da maximização do poder, mas se eles irão funcionar desta forma indefinidamente, em condições competitivas. Isto se contrapõe à teoria keynesiana que sugere que qualquer despesa de dinheiro e recursos leva à vitalidade econômica. Outros critérios para sobrevivência que têm sido sugeridos incluem: custo mínimo, risco mínimo, máxima estabilidade, eficiência máxima, máxima produção (Westman, 1985) e máxima diversidade. Na abordagem de H.T. Odum, tanto as próprias economias quanto os processos dentro delas, se organizam e operam para aumentar sua riqueza real e assim prevalecer de acordo com o princípio da maximização de sua energia incorporada que vem a ser uma medida de riqueza verdadeira.

A administração com a eMergia mais alta pode ser escolhida para maximizar a economia. Um uso que promova a produção de eMergia provinda do ambiente também mantém a habilidade da área em atrair mais eMergia de fontes externas. Novos processos de produção são promovidos na medida em que novos inputs,

comprados externamente, são introduzidos no sistema. A eMergia líquida de uma fonte de energia é a sua produção de eMergia menos a eMergia usada para processá-la. Fontes primárias de energia podem ser avaliadas usando a Razão eMergia líquida por Produção, que é a razão da produção de eMergia dividida pela eMergia usada pelo sistema econômico para o processamento (Fig. 2). Na medida em que a Razão de eMergia líquida por Produção das fontes primárias da economia aumenta, um maior número de processos podem ser realizados do que apenas o processamento da sua energia. Selecionar fontes de energia com a mais alta Razão de eMergia líquida por Produção torna-se a melhor política, mesmo se estas fontes têm que ser compradas externamente ao sistema.

Howard Odum iniciou a aplicação de conceitos ecológicos à análise da sociedade humana em 1971 (Odum 1971), com simbologia própria (Fig.3), traçando os equivalentes industriais e organizacionais das cadeias tróficas em fluxos energéticos de produção e consumo. Em 1983 (Odum 1983a) ele aprofundou mais a questão na análise de sistemas e, mais tarde, no mesmo ano (Odum 1983b), formou o conceito de energia incorporada que aplicou tanto aos sistemas biológicos quanto aos processos sociais, industriais e macroeconômicos (Odum et al. 1986, Odum 1988).

Cálculos em energia incorporada ou eMergia, escrito com m , usada como medida indexadora única, proporcionam uma forma de avaliar e comparar recursos e benefícios para poder tomar melhores decisões a nível de planejamento. A nível dos ecossistemas naturais, todos os processos de uso, transferência, transformação e armazenagem de energia, desde os produtores até os consumidores, podem ser

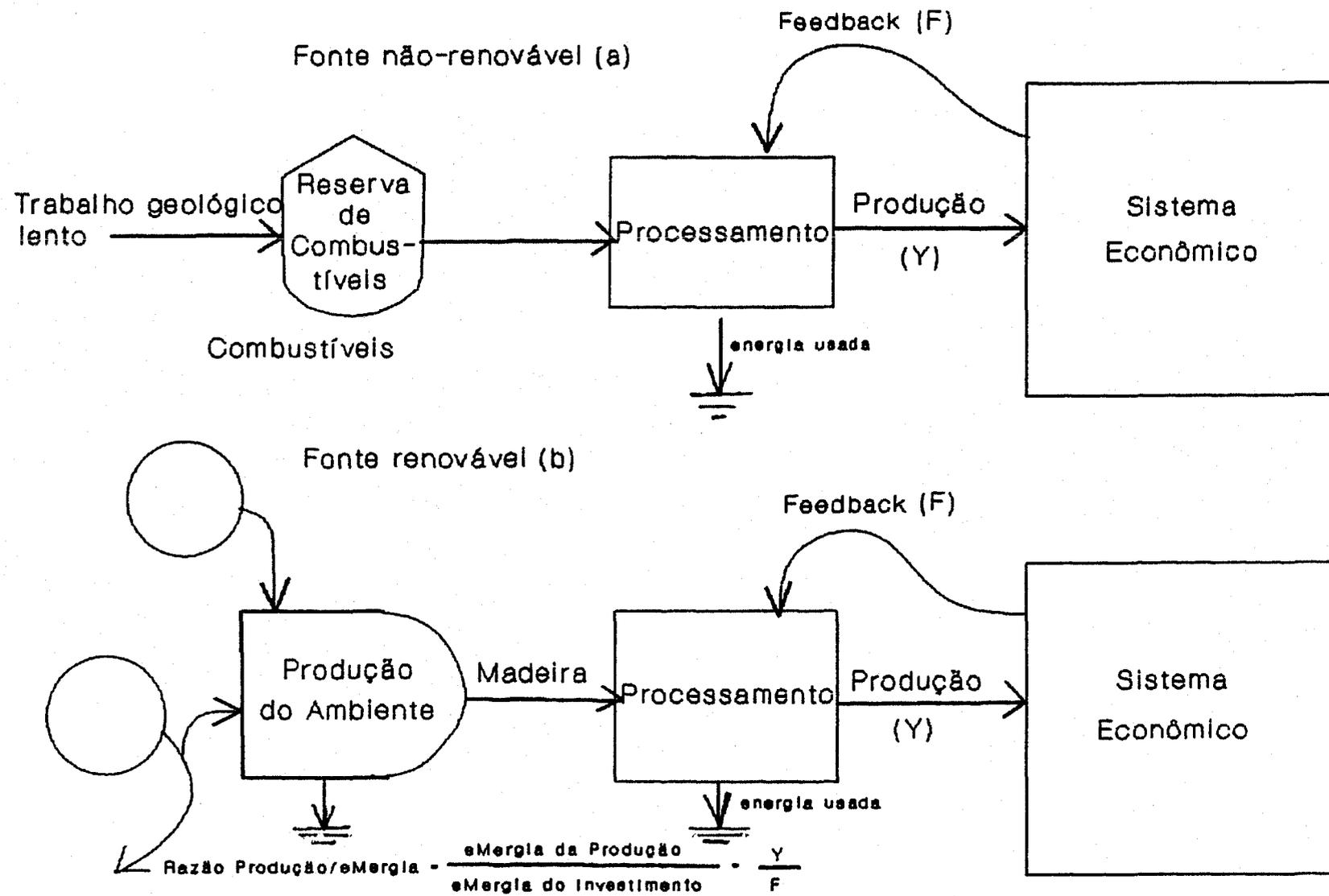
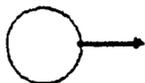


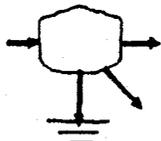
Figura 2 - Razão de Produção por energia para avaliar uma fonte primária de energia. (a) Fonte não-renovável; (b) Fonte renovável. (Brown, 1992)



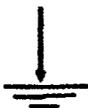
Caminho energético - um fluxo de energia ou de materiais.



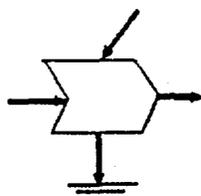
Fonte energética - energia que acompanha cada um dos recursos usados pelo ecossistema como o sol, os ventos, as trocas das marés, as ondas nas praias, as chuvas, as sementes trazidas para dentro do sistema pelo vento e pelas aves.



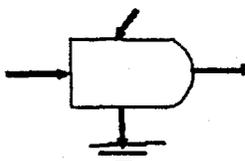
Armazem - um lugar onde a energia está estocada. Recursos como biomassa florestal, solo, matéria orgânica, água do subsolo, areia, nutrientes, etc.



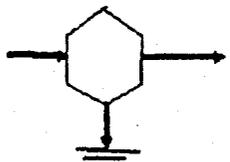
Descarga de calor - energia que é dispersada e não pode ser mais usada. Como a energia na luz do sol depois de ter sido usada na fotossíntese, ou calor do metabolismo que sai dos animais. Estas dispersões estão associadas a armazens, interações, produtores, consumidores, e símbolos de interruptores.



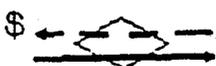
Interação - processo que combina diferentes tipos de fluxos de energia ou de materiais.



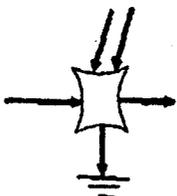
Produtor - unidade que faz produtos a partir de energia e materiais primários, como árvores, colheitas de capim ou fábricas.



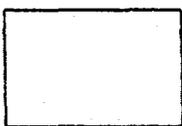
Consumidor - unidade que usa os produtos dos produtores, como insetos, gado, microorganismos, seres humanos e cidades.



Transação - troca comercial de dinheiro para energia, materiais ou serviços prestados.



Interruptor - processo que se liga e se desliga, como o início e o fim de um incêndio e a polinização das flores.



Moldura - símbolo multi-propósito para definir subsistemas. A exemplo de um subsistema num diagrama de uma floresta ou uma empresa de pesca num diagrama de um estuário. Uma moldura é também usada para definir os limites de um sistema.

Figura 3.- Símbolos da linguagem energética usados para representar sistemas.

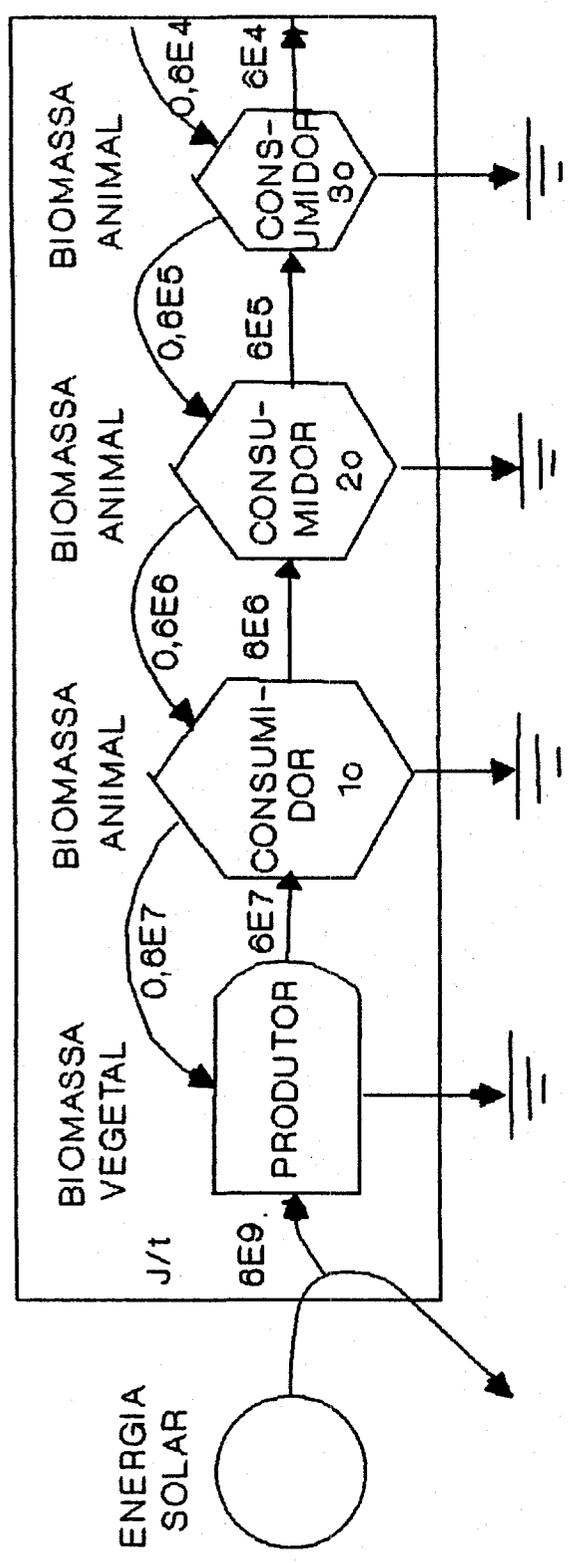
visualizados como fluxos energéticos e quantificados em eMergia (em Joules de eMergia Solar), convertendo cada fluxo e estoque em energia solar incorporada, na medida em que ele passa de um estado (ex.: biomassa vegetal) a outro (ex.: biomassa animal; fig. 4). Para isto, a equipe de Odum desenvolveu tabelas de transformidades, preparadas a partir de extensas observações (Odum et al. 1988, Odum e Odum 1989), tendo como referencial a própria energia solar. A energia solar necessária para obter um Joule de um determinado tipo de energia é a transformidade solar daquele tipo de energia, em Joules de eMergia Solar (ou Energia Solar Incorporada) por Joule (sej/J - emjoules solares por joule). Usando a fórmula:

$$\text{transformidade solar da energia Tipo A} = \frac{\text{joules solares necessários}}{\text{1 joule energia Tipo A}}$$

Assim se 1.000.000 de Joules Solares geraram 100 Joules de consumidores primários, a Transformidade Solar dos consumidores primários seria:

$$\frac{1.000.000 \text{ Joules Solares}}{100 \text{ Joules de consumidores primários}} = 10.000 \text{ sej/J.}$$

Odum considera a energia dos consumidores primários sendo então 10.000 vezes mais valiosa do que a da luz do sol. Quanto maiores as distâncias ao longo das cadeias tróficas e mais complexos os processos envolvidos, maiores as transformidades (ver tabela 1).



Transformação energética descendo a cadeia trófica.

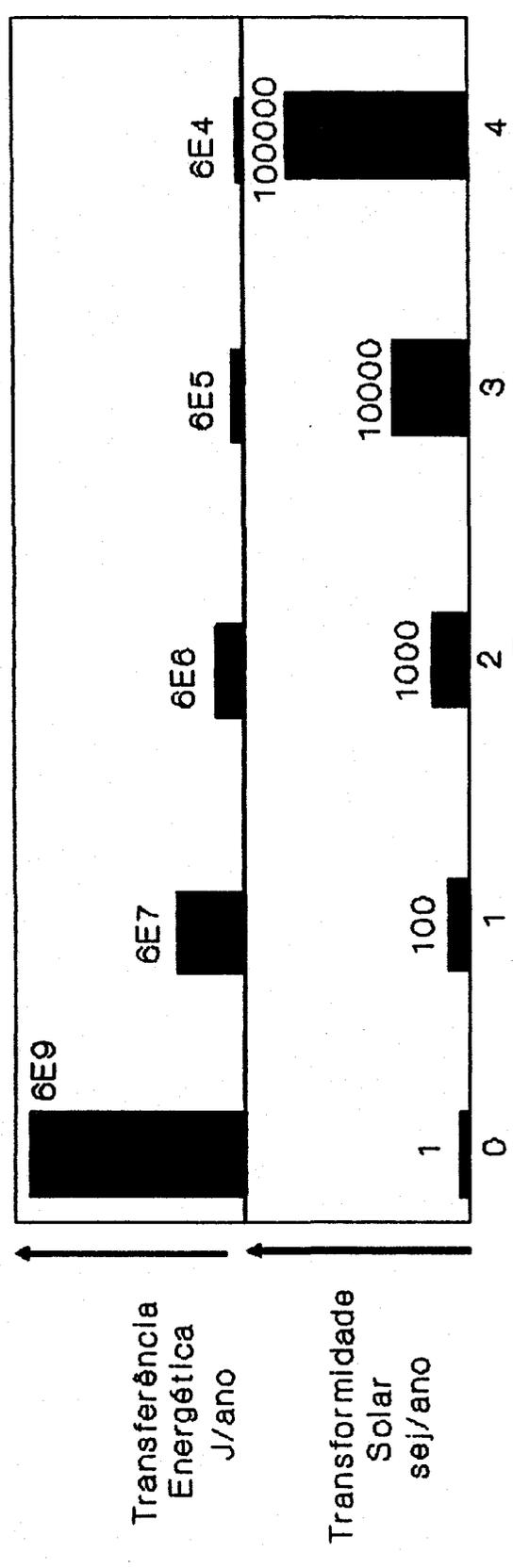


Figura 4 - Transferências energéticas (Odum, 1983). Etapas de transformação.

Tabela 1. Transformidades Solares típicas (em emjoules solares por joule)
(Odum e Harding, 1991)

| Item | sej/J |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Energia solar | 1 |
| Energia cinética do vento | 623 |
| Materia orgânica não consolidada | 4.420 |
| Energia geopotencial dispersa na chuva | 8.888 |
| Energia química dispersa na chuva | 15.423 |
| Energia geopotencial nos rios | 23.564 |
| Energia química nos rios | 41.000 |
| Energia mecânica em ondas e marés | 17.000-29.000 |
| Combustíveis consolidados | 18.000-40.000 |
| Alimentação, hortifrutigrangeiros, grãos, gêneros aliment.principais | 24.000-200.000 |
| Alimentação protéica | 1.000.000-4.000.000 |
| Serviços humanos | 80.000-5.000.000 |
| Informação | 10.000-10.000.000.000.000 |

Este mesmo raciocínio pode ser aplicado aos processos de transformação industrial ou às atividades humanas em geral que são de caráter produtivo ou consumidor. Desta forma, o sistema urbano pode ser avaliado como um todo, tendo como base as interações energéticas, quantificadas em energia, entre os vários componentes e entre o sistema urbano e o ambiente natural que o suporta.

Espera-se que este tipo de análise evolua num instrumento que melhore a tomada de decisões a nível governamental sobre o uso de recursos e energia e leve a padrões de organização espacial urbana mais funcionais.

Avaliando a capacidade de trabalho pelo uso da energia - um contexto histórico

Em 1842 Rober Meyer, Herman Helmholtz e Prescott Joule (Cook, 1976) adaptaram o conceito de energia como medida por um processo específico do uso tradicional para o científico. Karl Marx já tinha usado o trabalho como medida para a realização de trabalho útil (Marx, 1867, citado em Odum, 1983). O equivalente mecânico do calor foi desenvolvido por Joule (Wood, 1925, citado em Odum, 1983) em termos de energia calorífica e Maxwell (1877, citado em Odum, 1983) definiu o conceito de trabalho como uma transformação de energia. Gibbs aplicou a energia como medida de processos gerais quantificando a energia potencial e definindo-a como a habilidade de provocar processos químicos (Gibbs, 1901, citado em Odum, 1983). A energia necessária para mudanças de estado era derivada por cálculos de transformações energéticas a taxas infinitamente lentas (Carnot, 1824, citado em Odum, 1983).

O conceito de energia como denominador comum para medir todo trabalho útil realizado foi proposto por vários pesquisadores (todos citados em Odum, 1983): Boltzmann (1905), Ostwald (1907), Soddy (1912, 1922, 1933), and Cottrell (1955).

Boltzmann (1905) falando de "energética mental" estava visualizando o conceito de energia incorporada medindo a quantia de energia mental, onde a quantia de energia desenvolvida seria sempre igual à energia física perdida.

Em 1922 o princípio da maximização do poder foi desenvolvido por Lotka (1922 a, b) como uma extensão da seleção natural. Sistemas lineares abertos de transformações energéticas foram descritos por Onsager (1931, citado em Odum,

1983), DeGroot (1952), e Prigogine (1955). Juday (1940) e Lindeman (1942) descreveram energia incorporada observada nas transformações dentro de sistemas ecológicos quando estavam tentando realizar uma análise energética (todos citados em Odum, 1983).

Uma teoria energética de valores, destituída de uma base para qualidade energética e de um uso positivo do dinheiro dentro de uma economia, foi proposta nos Estados Unidos na depressão da década dos trinta. Seus proponentes (Scott, 1933; Parrish, 1933; citados em Odum, 1983) procuravam, através de uma organização nacional, a Tecocracia, propor novas políticas econômicas.

No campo industrial, a análise dos processos de avaliação dos fluxos energéticos e sua diagramação, foi desenvolvida nos anos sessenta (Schmidt e List, 1962, citados em Odum, 1983). Esta foi conhecida como a primeira lei da análise. A determinação de quanta energia estava disponível para realizar trabalho foi algumas vezes referida como a segunda lei da análise.

Em 1971, Odum e Hannon (1973) também propuseram energia como uma métrica de valores. Os valores eram vistos ou como uma função de processos mais eficazes ou como uma característica do livre arbítrio humano.

Um outro conceito proposto sobre a qualidade da energia é a Razão de Carnot. A conversão do calor em trabalho, realizada na taxa mais lenta e mais eficiente possível, é dada pelo cálculo do ciclo de Carnot. Onde a eficiência do processo de resfriamento e aquecimento de um gás, a diferentes pressões, pode ser expressa pela razão das mudanças em temperatura. A razão do trabalho,

realizado no fluxo do calor, representa a eficiência da conversão, resultando ser isto a razão da mudança em temperatura, a partir da temperatura absoluta. Usinas de produção de energia a temperaturas muito altas têm altos graus de eficiência. Assim, a razão de Carnot é vista como uma medida da qualidade da energia de gradientes de calor. Ela mede a habilidade da energia em ser convertida em trabalho útil de qualidade mecânica. A razão estima a eficiência numa condição reversível, ou de perda de velocidade. " A eficiência da conversão de uma fonte de calor, num gradiente térmico, para energia mecânica no ponto máximo do poder é metade da razão de Carnot." (Odum, 1983).

A 'esergia' (Ingl.: essergy) é ainda outra medida de qualidade energética (Gibbs, 1873; Evans, 1969, citados em Odum, 1983). Ela foi proposta para avaliar a capacidade das fontes energéticas e suas combinações de realizar trabalho. A esergia representa a energia disponível para realizar trabalho. Ela é calculada como soma das energias, onde cada contribuição é multiplicada pela fração de cada energia que pode ser convertida em trabalho mecânico.

" Para aqueles tipos de energia de qualidade inferior das de energia mecânica, ela é uma medida de eficiência teórica. Ela não considera as eficiências no ponto máximo do poder. Aos fluxos energéticos de qualidade superior do trabalho mecânico não é atribuído um valor maior por caloria. A 'exergia' é usada para alguns dos componentes da energia potencial incluídos na esergia. Ela é, efetivamente, uma medida dos equivalentes energéticos expressos em unidades de trabalho mecânico. Jorgensen e Mejer (1979) usam a exergia, que é energia de um certo tipo, para avaliar estruturas. Exergia incorporada poderia ser um termo mais apropriado. " (Odum, 1983).

No estudo da capacidade de absorção de um ecossistema ao carregamento com fósforo, Jorgensen e Mejer (1977) descobriram que a capacidade de absorção era proporcional à exergia armazenada.

Cabe aqui usar o resumo do próprio Odum dos conceitos de transformações energéticas, maximização do poder, desenho de sistemas e razões de transformação, ou transformidades:

" ... o conceito de trabalho útil foi definido como aquelas transformações de energia que contribuem para a maximização do poder e para a sobrevivência do sistema, por causa do desenho do sistema. Transformações energéticas, por meios selecionados previamente em situações competitivas para a melhor eficiência possível, comensuradas com a maximização do poder, definem a energia termodinâmica inerente de um tipo necessária para gerar a energia de um outro tipo. Razões de energia de um tipo, necessárias à geração de um outro tipo, dentro destas condições, podem ser usadas para predizer pontos máximos. Para comparar a contribuição relativa de energias de tipos diferentes ao valor potencial, as energias são convertidas para equivalentes de energia incorporada do mesmo tipo pelo uso destas razões de transformação.

Energia incorporada foi definida como uma forma de medir a ação cumulativa de energias em cadeias tróficas e redes. A energia incorporada providencia uma teoria alternativa de valores, é útil para localizar fontes, estimar energia líquida, determinar a importância relativa dos componentes, e comparando itens livres que não são cobertos pelo dinheiro... este tipo de análise energética tem sido aplicada aos problemas humanos e à crise energética, mas é mais aplicável, em geral, a todos os sistemas." (Odum, 1983).

MÉTODOS

A metodologia geral para análise energética é de abordagem sistêmica, partindo do geral para o detalhe (Odum 1968). O primeiro passo consiste em construir diagramas sistêmicos como um meio de organizar o pensamento e as relações entre componentes. Os fluxos de energia das fontes de recursos e as trocas energéticas entre componentes são representados por linhas denominadas 'caminhos'. O segundo passo é a construção de tabelas de avaliação energética, derivadas diretamente destes diagramas. O terceiro passo envolve o cálculo de vários índices energéticos que relacionam os fluxos energéticos da economia com os de dentro do ambiente natural para predizer a viabilidade econômica e a capacidade de suporte do sistema. Finalmente, usando os resultados das tabelas de avaliação energética e os índices derivados, são propostas opções para diretrizes públicas. Estas opções são sugeridas pelos custos e benefícios dos diferentes desenvolvimentos propostos.

Antes da apresentação da descrição detalhada de cada passo da metodologia, cabe definir os seguintes conceitos chaves.

Energia

Energia, às vezes definida como a capacidade de produzir trabalho, é uma propriedade de todas as coisas que podem ser transformadas em calor e que é medida em unidades caloríficas (BTU, calorias, ou joules).

eMergia

Uma expressão de toda a energia usada nos processos de produção que geram um produto ou serviço em unidades de um único tipo de energia. A eMergia solar de um produto é a eMergia do produto expressa na energia solar equivalente necessária à sua geração. Pode-se definir a eMergia como memória energética.

eMjoule

É a unidade de medida de eMergia, "joule eMergético". É expressa nas unidades de energia previamente usadas para gerar o produto; por exemplo, a eMergia solar da madeira é expressa como joules de energia solar que foram necessários para produzir a madeira.

Princípio da maximização de eMergia

Os sistemas que prevalecem são aqueles que obtêm o máximo benefício da eMergia que está disponível. Isto é atingido pelo reforço dos processos produtivos, pelo aproveitamento de mais recursos, e pela capacidade de superar outras limitações pela organização mais eficaz do seu sistema. Os padrões que conseguem maximizar a eMergia contribuem para uma maior riqueza.

Dólar macroeconômico

Esta é uma medida do dinheiro que circula numa economia como resultado de algum processo. Na prática, para se obter o valor macroeconômico do dólar de um fluxo ou estoque de eMergia, a eMergia é multiplicada pela razão da eMergia total usada naquele país durante o ano em questão pelo

Produto Nacional Bruto (PNB) daquela economia nacional.

Energia Não-renovável

Estes são os estoques de energia e materiais como combustíveis fósseis, minérios e solos que estão sendo consumidos em taxas que excedem grandemente as taxas da sua produção pelos processos geológicos.

Energia Renovável

Representada pelos fluxos de energia da biosfera que são relativamente constantes e que efetivamente movimentam os processos biológicos e químicos da terra, contribuindo ao processo geológico.

Energias Residentes

São aquelas energias que são energias renováveis características de uma região específica.

Transformidade

É a razão obtida dividindo a energia total usada num processo pela energia produzida pelo processo. As transformidades têm as dimensões de energia/energia. A transformidade para um determinado produto é calculada somando todos os fluxos energéticos que entram no processo e dividindo pela energia do produto. As transformidades são usadas para converter diferentes tipos de energias para energia do mesmo tipo. A Tabela 1 lista transformidades para muitos tipos de energia, recursos e bens, calculados na literatura e usados neste trabalho.

Segue uma explicação da metodologia usada para a avaliação energética em geral e, especificamente, para a indústria de processamento de madeira de Itacoatiara.

1ª Etapa: Visão Panorâmica pelos Diagramas Sistêmicos

Um diagrama sistêmico panorâmico, usando os símbolos da linguagem energética ilustrados na figura 3, é construído inicialmente para colocar em perspectiva o sistema de interesse, integrar informações sobre o sistema de várias fontes e para organizar a coleta de dados. O processo de diagramar o sistema de interesse nesta abordagem panorâmica assegura a inclusão de todas as energias forçantes e de todas as interações. O diagrama inclui tanto a economia quanto o ambiente do sistema e mostra todas as interações relevantes (Figura 5a).

Um diagrama simplificado, ou agregado, é elaborado contendo as informações essenciais da versão mais complexa (Figura 5b). Este diagrama agregado é usado para construir uma tabela de dados necessários para a análise energética. Avalia-se então cada caminho que cruza os limites do sistema.

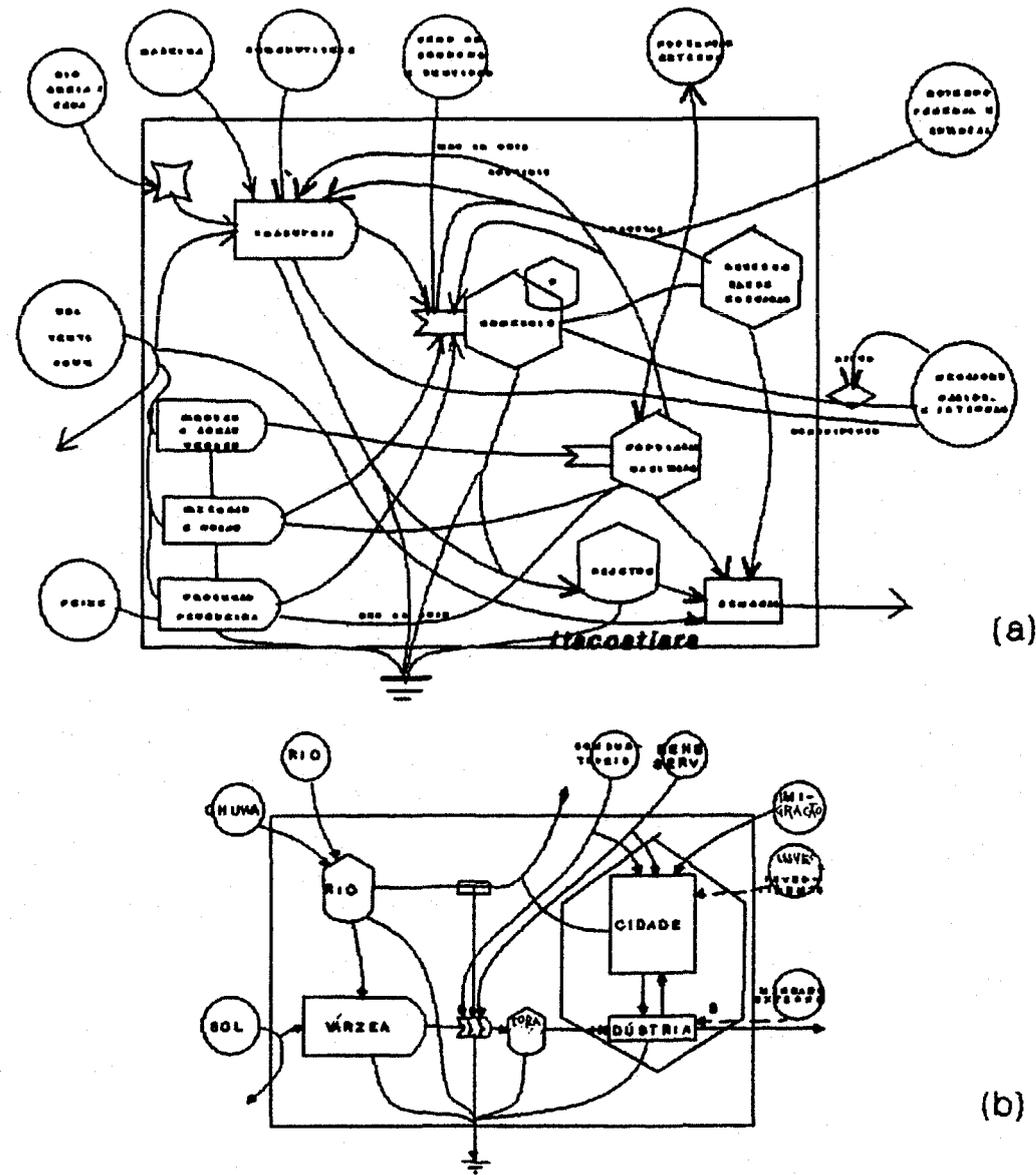


Figura 5 - Diagrama sistêmico generalizado (a); diagrama agregado (b).

2ª Etapa: Tabelas de Avaliação eMergética

Normalmente a avaliação eMergética de um sistema observado é conduzida em duas escalas. Primeiro, o sistema maior, dentro do qual se situa o sistema de interesse, é analisado e geram-se índices necessários para avaliação e propósitos comparativos. Segundo, o sistema de interesse é avaliado levando a observações entre ele e outros sistemas comparáveis, e entre ele e o sistema maior.

A avaliação é conduzida usando uma Tabela de Avaliação eMergética com os seguintes tópicos:

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------|------|----------|----------------|---------------|-----------------------|
| Anotação | Item | Unidades | Transformidade | eMergia Solar | \$ Macro-econômico |

Cada fileira na tabela é um caminho de entrada ou de saída no diagrama agregado do sistema observado. Desta forma, os caminhos são avaliados como fluxos em unidades por ano. Segue uma explicação de cada coluna.

- Coluna 1 - o número da linha e anotação que contém as fontes e os cálculos para aquele item.
- Coluna 2 - o nome do item que corresponde ao nome do caminho no diagrama agregado.
- Coluna 3 - as unidades usadas na quantificação do fluxo, normalmente avaliadas em fluxo por ano. A maioria das vezes as unidades são em energia (joules/ano), mas às vezes são em gramas por ano.
- Coluna 4 - transformidade do item, normalmente derivada de estudos anteriores.
- Coluna 5 - eMergia Solar, é o produto das unidades na Coluna 3 pela transformidade na Coluna 4.
- Coluna 6 - o resultado da divisão da eMergia Solar na Coluna 5 pela razão eMergia/dinheiro, independentemente calculada, para a economia da nação, relevantes ao sistema (Brown, 1992).

3ª Etapa: Cálculo dos Índices eMergéticos

Terminadas as tabelas eMergéticas, vários índices são computados usando dados das tabelas para ajudar no processo de decisão das diretrizes públicas. Os critérios usados no julgamento de alternativas diferem, dependendo do caso de se comparar dois sistemas ou de se avaliar um único sistema para sua contribuição à economia. Quando se comparam dois sistemas alternativos, aquele que contribui a maior parte da eMergia à economia pública e minimiza as perdas ambientais é considerado o melhor. Quando se analisa um único sistema, seu sucesso é julgado em relação à economia dentro da qual está colocado, determinando quanto a sua intensidade eMergética chega perto à da economia local, e se o sistema minimiza as perdas ambientais. Para se chegar a esta determinação, precisa-se calcular duas razões: a Razão Investimento por eMergia (IR) e a Razão de Carga Ambiental (ELR). Vários outros índices ajudam a ganhar perspectivas sobre os processos e as economias e se tornam precursores necessários para a IR e a ELR; eles são: a Razão eMergia por Dinheiro, eMergia per Capita, Densidade eMergética, Razão de Troca eMergética, Razão de Produção Líquida por eMergia e Transformidade Solar. Estas são definidas primeiro.

Razão eMergia por Dinheiro. Esta representa a razão do fluxo total de eMergia na economia de uma região ou nação pelo Produto Nacional Bruto da região ou nação. A Razão eMergia por Dinheiro é uma medida relativa do poder aquisitivo, quando se comparam as razões de duas ou mais nações.

eMergia per Capita. Esta é a razão do uso total da eMergia na economia

regional ou nacional pela população total. A eMergia per Capita pode ser usada como medida do padrão de vida médio da população.

Densidade eMergética. É a razão do uso total de eMergia na economia de uma região ou nação pela área total da região ou nação. Densidades de eMergia renovável e não-renovável são também calculadas separadamente, dividindo a eMergia total renovável pela área e a eMergia total não-renovável pela área, respectivamente.

Razão de Troca eMergética. Esta representa a razão da eMergia trocada numa transação comercial ou uma compra, ou seja, aquilo que se recebe por aquilo que se dá. Esta Razão é sempre expressa relativamente a um ou a outro dos parceiros comerciais e é uma medida da vantagem relativa de troca de um parceiro sobre o outro. A figura 6b mostra a relação e os cálculos da Razão de Troca eMergética.

Razão de Produção Líquida por eMergia. É a razão da produção de eMergia de um processo pelos custos eMergéticos necessários. Esta razão é uma medida de quanto um processo irá contribuir para a economia. As fontes de energia primária têm Razões de Produção na faixa de 3/1 até 11/1; assim elas contribuem muito para a riqueza da economia. A figura 6a mostra o método de cálculo da Razão de Produção Líquida (Produção por eMergia).

Transformidade Solar: É a razão da própria energia num produto ou serviço pela eMergia solar necessária à sua geração. A transformidade é uma medida do 'valor' de um serviço ou produto, presumindo que os sistemas que

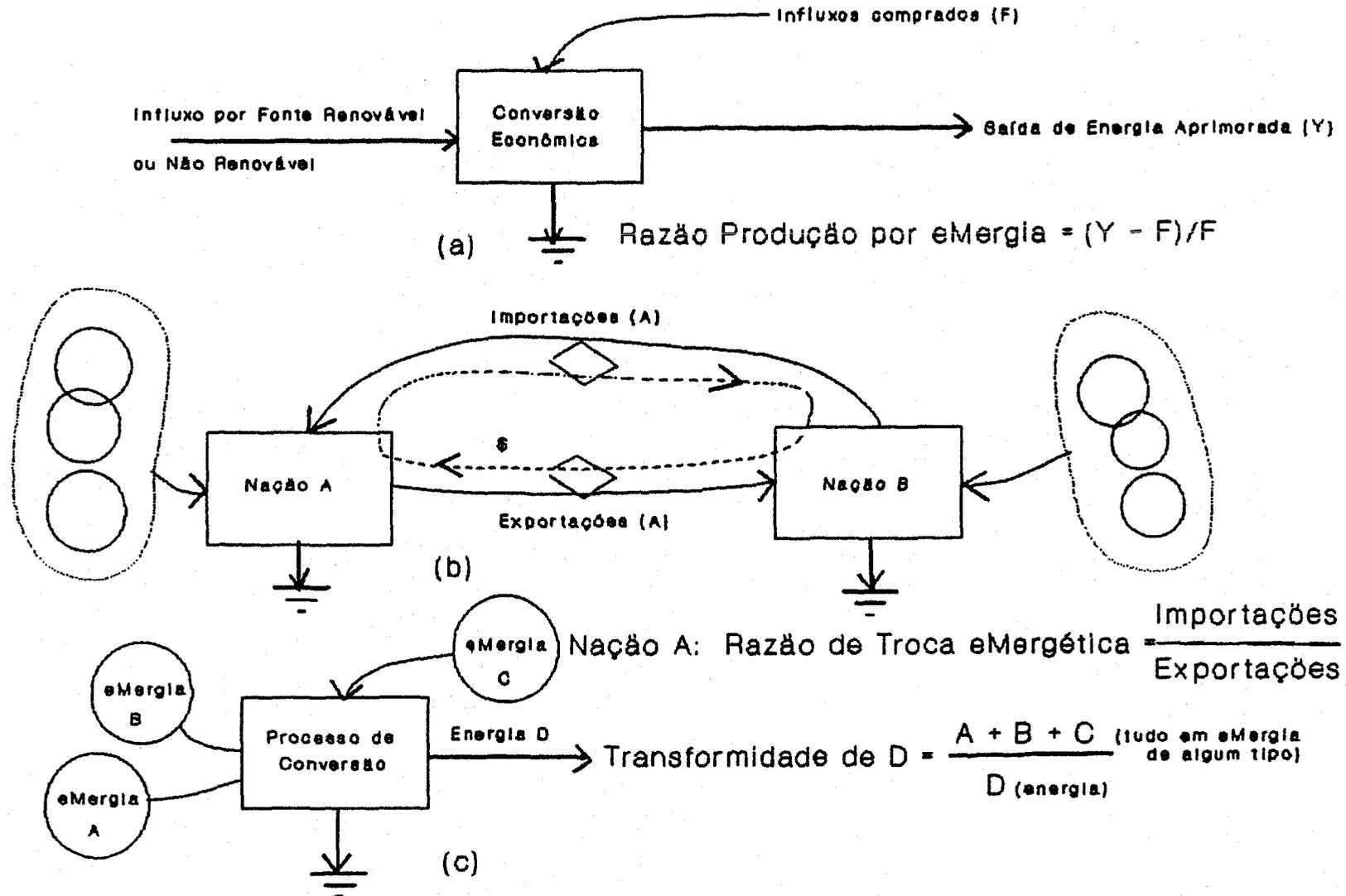


Figura 6 - a) C\~{a}lculo da Raz\~{a}\~{o} Produ\~{c}\~{a}\~{o}/eMergia para uma convers\~{a}\~{o} econ\~{o}mica onde a energia comprada \u00e9 usada para aprimorar um recurso de grau inferior; b) c\~{a}lculo da Raz\~{a}\~{o} de Troca eMerg\~{e}tica entre duas na\~{c}\~{o}\~{e}s; c) c\~{a}lculo da Transformidade para o fluxo D, que \u00e9 o produto do processo que requer o input de 3 fontes diferentes de eMergia (A, B e C). (Brown, 1992).

operam dentro das limitações do princípio da maximização de eMergia geram produtos que estimulam o processo produtivo pelo menos na mesma medida dos seus custos. A figura 6c mostra o método de calcular uma transformidade.

A RAZÃO INVESTIMENTO POR EMERGIA - Determinando a Intensidade do Desenvolvimento e a Competitividade Econômica.

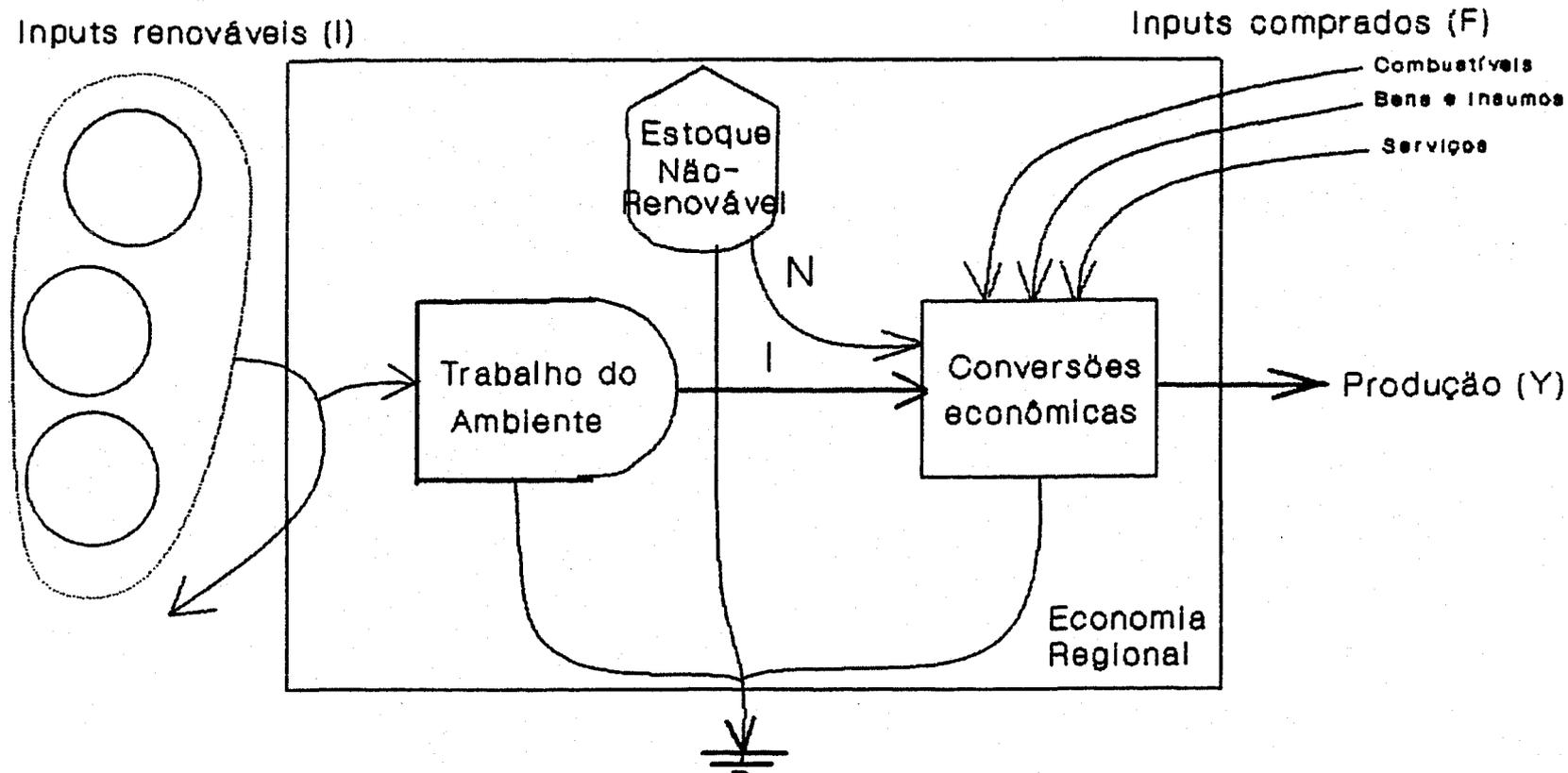
O diagrama na figura 7 ilustra o uso de eMergias não-renováveis e renováveis dentro de uma economia regional. A interação das eMergias não-renováveis (ambas adquiridas de fora do sistema (F) e transformadas dentro dele (N) com eMergias renováveis (I) é o processo primário pelo qual os seres humanos interagem com seu ambiente.

A Razão do Investimento (IR) é a razão dos inputs comprados por todas as eMergias derivadas das fontes locais (a soma de I e N) como segue:

$$IR = F/(I + N) \quad (1)$$

O nome é derivado do fato de que esta é uma razão da eMergia 'investida' pela eMergia residente. Maior a Razão do Investimento, maior a intensidade do desenvolvimento. Razões de Investimento regionais ou nacionais são úteis para comparações com as Razões de Investimento dos processos individuais de desenvolvimento. Razões de investimento para várias nações estudadas variam de 7/1, nos Estados Unidos, a valores baixíssimos de 0,045/1, para Papua e Nova Guiné.

A comparação entre Razões de Investimento regionais e a razão para desenvolvimentos propostos ou existentes pode ser usada como indicação da



Razão Regional de Investimento por eMergia: $IR = F / (I + N)$

Razão de Carga Ambiental da Economia Regional: $ELR = (F + N) / I$

Razão Regional de Produção por eMergia: $YR = Y / F$

Figura 7 - Economia Regional que importa (F) e usa inputs renováveis Indígenas (I) e estoques não renováveis (N).
 Várias Razões usadas para comparações entre sistemas se encontram abaixo do diagrama.
 As letras nos caminhos dos fluxos referem-se aos fluxos de eMergia por unidade de tempo (Brown, 1992).

intensidade do desenvolvimento relativo à economia local. Quando se comparam razões de dois desenvolvimentos do mesmo tipo, chega-se a uma indicação de sua competitividade econômica. A Razão de Investimento pode também ser usada para indicar se um processo está sendo econômico na utilização dos inputs comprados quando comparada a outros investimentos alternativos dentro da mesma economia.

A RAZÃO DE CARGA AMBIENTAL - Determinando o Impacto Ambiental

Quase todo processo humano envolve a interação entre eMergias não-renováveis com eMergias renováveis do ambiente; desta forma, o ambiente está sendo 'carregado', ou seja, há uma aplicação de pressão ambiental ou "stress". A figura 7 mostra a carga ambiental como o resultado da interação entre a eMergia adquirida (F) e os estoques não-renováveis de eMergia (N) dentro do sistema. O caminho de eMergia renovável (I) está entrando pelo trabalho realizado pelo ambiente. Representando um índice de carga ambiental, a Razão de Carga Ambiental (ELR - 'Environmental Loading Ratio') é a razão da eMergia não-renovável (N + F) pela eMergia renovável (I) como segue:

$$ELR = (N + F)/I \quad (2)$$

Uma ELR baixa reflete carga ambiental relativamente pequena, enquanto uma ELR alta sugere uma carga maior. A ELR reflete o "stress" ou a pressão ambiental potencial de um desenvolvimento quando comparada à mesma razão pela região e pode ser usada para calcular a capacidade de suporte.

AVALIANDO RAZÕES DE INVESTIMENTO POR eMERGIA LOCAIS E REGIONAIS

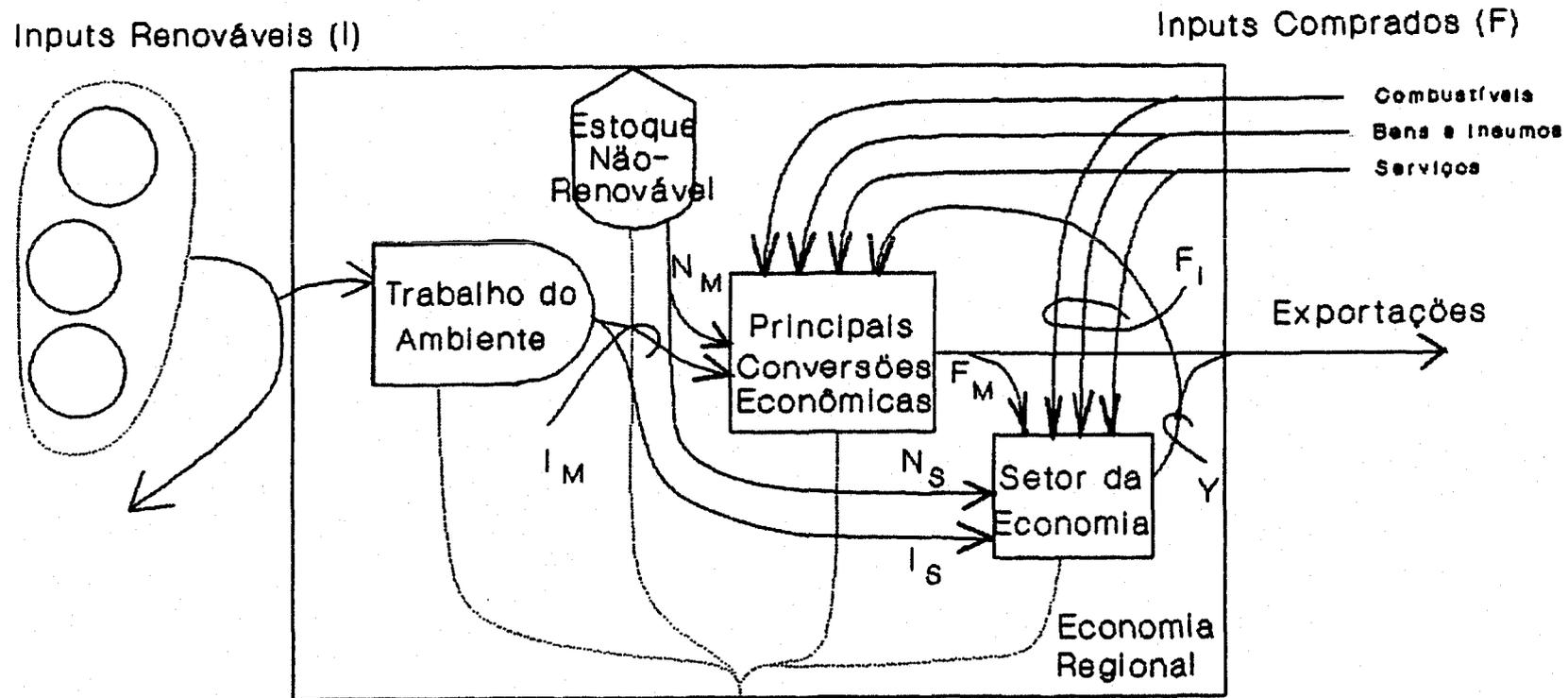
Um diagrama simplificado de uma economia regional e de um setor da economia é ilustrado na Figura 8. O setor usa eMergia renovável (Is) e eMergia adquirida ambos da economia local (Fm) e da economia externa, ou mundial (Fi). O setor é parte da economia regional mas é mostrado separadamente para esclarecer a comparação entre ele e a região onde ele está localizado. A Razão Investimento por eMergia na economia regional é derivada usando a razão da eMergia comprada (F) para os inputs de eMergia residente (Im + Nm) como segue:

$$IR_m = F / (I_m + N_m) \quad (3)$$

A Razão Investimento eMergia do setor (IRs) é calculada de forma semelhante levando em conta todas as fontes renováveis e compradas de eMergia:

$$IR_s = (F_m + F_i) / (I_s + N_s) \quad (4)$$

A Razão de Carga Ambiental Regional (ELR) é calculada como a razão da eMergia não-renovável (F + Nm) à eMergia renovável (Im). O cálculo da ELR para o setor econômico precisa, porém, considerar a porção de Fm que provém de Im, como aquela área do ambiente que não está adicionando à carga ambiental do setor, mas é parte do sustento ambiental para o setor. A ELR para o setor é assim calculada subtraindo a porção de Fm que provem de Im. Isto é feito calculando inicialmente a eMergia total necessária à economia principal (eMergia Total = Fm + Fi + Nm + Ns + Im + Is) e então dividindo para determinar a percentagem do total que é derivada de Im (definido como 'k' na Figura 8). A



Razão Investimento/energia para o Setor Econômico: $IR = \frac{F_I + F_M}{I_S + N_S}$

Razão de Carga Ambiental para o Setor Econômico: $ELR = \frac{F_I + (F_M - KF_M) + N_S}{I_S + KF_M}$
 onde K = percentagem de F_M que vem de I_M

Razão de Produção/energia para o Setor Econômico: $YR = \frac{Y}{F_M + F_I}$

Figura 8 - Economia regional com fluxos energéticos de fontes externas e de dentro da economia. Um setor da economia está separado da economia principal ao lado direito. O setor recebe energia das importações (F_I), da economia principal (F_M), dos estoques não-renováveis (N_S), e do ambiente (I_S). (Brown, 1992).

ELR para o setor é então assim determinada (Brown, 1992):

$$\text{ELRs} = [\text{Fi} + (\text{Fm} - \text{kFm}) + \text{Ns}] / (\text{Is} + \text{kFm}) \quad (5)$$

onde:

k = percentagem da eMergia total proveniente de I (ver Fig.8).

Determinando a Capacidade de Suporte para Investimentos Econômicos

Uma vez que a ELR de uma região é conhecida e o uso total anual de eMergia não-renovável por um desenvolvimento específico é determinado, a área de terra necessária para equilibrar este desenvolvimento pode ser calculada usando a média do fluxo anual de eMergia renovável por unidade de área da paisagem, ou a Densidade de eMergia renovável. A densidade de eMergia renovável é derivada da análise das economias regionais ou nacionais. Para determinar a área de sustento necessária para um desenvolvimento proposto, e então a capacidade de suporte (quer dizer: a área da paisagem necessária para o desenvolvimento), a Razão de Carga Ambiental para a região é calculada, e então uma simples proporção equivalente é construída:

$$\text{ELR (região)} = \text{ELR (desenvolvimento)} \quad (6)$$

onde: ELR (região) = conhecida

$$\text{ELR (desenvolvimento)} = [\text{Fi} + (\text{Fm} - \text{kFm}) + \text{Ns}] / (\text{Is} + \text{kFm})$$

e então a equação é resolvida assim:

$$(\text{Is} + \text{kFm}) = [\text{Fi} + (\text{Fm} - \text{kFm}) + \text{Ns}] / \text{ELR (região)} \quad (7)$$

Uma vez que a quantidade é conhecida, a área da paisagem necessária para equilibrar o desenvolvimento proposto é assim calculada:

$$\text{Área de Suporte} = (I_s + kFm) / \text{densidade eMergética renovável} \quad (8)$$

Coleção de dados em Itacoatiara e Manaus

A maioria dos dados foram coletados durante 1991 e 1992; em 1993 estes dados foram cruzados principalmente com indivíduos envolvidos na indústria de laminados e compensados, tanto em Itacoatiara quanto em Manaus. Um formulário para uma entrevista estruturada foi preparado para contatos com a indústria de Itacoatiara, mas não foi usado com os funcionários da indústria (Anexo A), embora tenha sido a base de muitas entrevistas nos locais. Foram entrevistados trabalhadores, desde os altamente especializados, em posições de gerência, aos manuais, durante 1991 e 1992. Alguns empreendedores do setor madeireiro em Itacoatiara, e alguns em Manaus, que tinham trabalhado em Itacoatiara, foram também entrevistados. Várias agências governamentais foram contatadas. Algumas delas tinham dados já em forma disponível, outras os providenciaram após pesquisa pelos seus funcionários ou diretamente pelo autor. Segue uma lista das principais instituições governamentais que ajudaram com a coleção dos dados e com informações:

- CEAM - Companhia Energética do Amazonas.
- CODEAMA - Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Informação do Estado do Amazonas.
- EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural.
- IBGE-AM - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Seção Amazonas.
- ICOTI - Instituto de Cooperação Técnica e Intermunicipal.
- INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- ITACOATIARA - Departamento Municipal de Obras e de Finanças.
- SEFAZ - Secretaria do Estado de Economia, Fazenda e Turismo do Amazonas.
Sub-Secretaria de Economia, Finanças e Turismo.

O anexo b mostra a fonte dos dados, a base de geração de dados e seu grau de confiabilidade.

RESULTADOS

Avaliação geral do Brasil

As contribuições do sol, da chuva, dos rios, e dos bens e serviços importados são mostrados no diagrama agregado do Brasil (Figura 9). A produção da nação é representada pelas florestas e pela agricultura enquanto a indústria e a rede comercial usam os recursos naturais. A população urbana é sustentada por estes recursos e, ao mesmo tempo, os gerencia. O fluxo anual de energia no Brasil e seus valores energéticos são apresentados na Tabela 2. O recurso renovável mais importante é o potencial químico da chuva. Lenha e madeira são importantes recursos indígenas. Energias importadas de relevância, que são usadas, incluem o petróleo, o gás natural, o carvão, o potássio, os fosfatos e o nitrogênio. Serviços do exterior e produtos importados representam energias muito elevadas por causa dos serviços humanos envolvidos na sua produção. As exportações mais importantes são: produtos agrícolas, minérios de ferro e alguns minerais.

A Figura 9 mostra diagramas resumidos dos fluxos energéticos que sustentam a economia brasileira. O diagrama superior (a) é um agregado de todos os inputs energéticos, que incluem: combustíveis e bens importados (F e G), serviços importados (P2I), recursos renováveis (R) e recursos não-renováveis derivados de dentro da nação (No, N1, e N2). As exportações da economia são compostas por três fluxos: exportação direta de recursos não-renováveis (N2), exportações de produtos da economia (E), e exportações de serviços derivados da

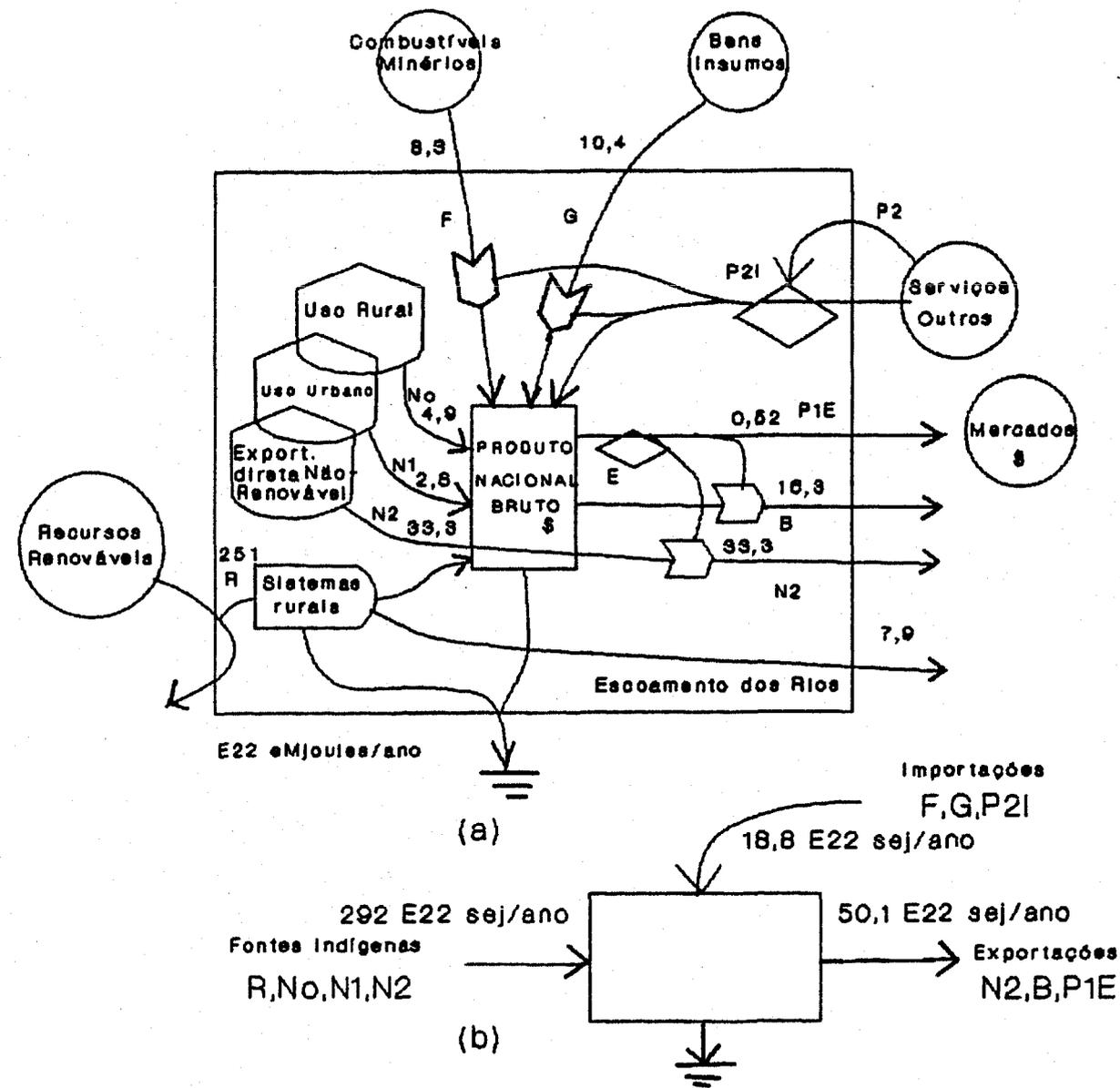


Figura 9 - Diagrama energético do Brasil (fluxos em unidades de energia - ano 1989).

AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DO BRASIL (dados estatísticos de 1989)

| Anotação | Item | unidades/ano | Transformidade sej/unidade | eMergia Solar E21 sej/ano |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| RECURSOS RENOVÁVEIS | | | | |
| 1 | energia solar | J 4,60E+22 | 1,00E+00 | 46,00 |
| 2 | vento | J 1,00E+00 | 1,50E+03 | 0,00 |
| 3 | chuva | J 6,76E+19 | 1,50E+04 | 1014,00 |
| 4 | importo do rio | J 1,34E+19 | 4,10E+04 | 549,40 |
| 5 | importo de terra | J 5,50E+14 | 1,71E+09 | 940,50 |
| 6 | maré | J 2,37E+17 | 2,35E+04 | 5,57 |
| 7 | escoamento rio | J 1,26E+18 | 6,25E+04 | 78,75 |
| | SOMA contribuições livres(sem cont.solar/vento)-escoamento | | | 2509,47 |
| FONTES INDÍGENAS | | | | |
| 8 | lenha | Tpe 1,41E+18 | 3,50E+04 | 49,35 |
| 9 | madeira | J 8,04E+17 | 3,50E+04 | 28,14 |
| | SOMA das contribuições de fontes indígenas | | | 77,49 |
| EXPORTAÇÃO DIRETA NÃO RENOVÁVEL | | | | |
| 10 | alimentação | J 2,18E+17 | 4,50E+05 | 98,10 |
| 11 | metais | T 1,40E+07 | 4,65E+15 | 65,10 |
| 12 | minerais | T 1,26E+08 | 2,64E+15 | 332,64 |
| | SOMA das exportações diretas não-renováveis | | | 495,84 |
| INPUTS COMPRADOS | | | | |
| 13 | petróleo,gas,carvão | J 1,56E+18 | 5,30E+04 | 82,68 |
| 14 | bens e minérios | J 6,96E+14 | 6,00E+07 | 41,76 |
| 15 | potássio | J 1,76E+15 | 3,14E+07 | 55,26 |
| 16 | fosfatos | J 1,53E+14 | 1,01E+07 | 1,55 |
| 17 | nitrogênio | J 3,26E+15 | 1,75E+06 | 5,71 |
| 18 | serviços | \$ 4,31E+08 | 3,60E+12 | 1,55 |
| | SOMA de importações compradas | | | 188,51 |
| SERVIÇOS EXPORTADOS | | | | |
| 19 | serviços | \$ 8,28E+08 | 6.08E+12 | 5,03 |
| eMergia total usada no Brasil | | | | 2274,59 |
| Razão de eMergia solar em joules/dolar para o Brasil (1989)= (fluxos de entrada-exportações)/Produto Nacional Bruto | | | | |
| (PNB-Brasil 1989: \$ 374.142 E9) | | sej/\$-Brasil= | | 6,08E+12 |
| (1991 Relatório do Banco Mund. | | 8,9 E12 sej/\$ (1979) | | 8,91E+12 |

ANOTAÇÕES

- 1 e 2 energias solar e do vento não foram incluídas pois elas estão contribuindo às outras (chuva, etc.)
- 3 Potencial químico da chuva (8,51 E12 m⁻²)(1,5589 m/ano)(5 J/g)

(1 E6 g/m³) = 6,67 E19 J/ano
 Chuva: Precipitação média de 27 capitais.
 Tabela 2 (continuação)

1589 mm/ano (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 1980). Geopotential da chuva - 4,66 E19 J/ano

| | | |
|----|---------------------------------------------------|------------------|
| 4 | Importo do rio | 1,34 E19 J/ano |
| 5 | Importo de terra - | 1,34 E19 J-ano |
| 6 | Maré | 2,37E17 J/ano |
| 7 | Escoamento do rio | 1,26 E18 J/ano |
| 8 | Lenha | 1,41 E18 Tpe/ano |
| 9 | Madeira | 6,04 E17 J/ano |
| 10 | Alimentação - (13 E6 T)(4 Kcal/g)(41186 J/Kcal) = | 2,18E+17 |
| | eMergia na alimentação= 2,17 E17 * 4,5 E5 = | 9,81E+22 |
| 11 | Metais, Aço - (14 E6 T)(4,65 E15 sej/T) = | 6,51E+22 |

12-19 Dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
 Anuário Estatístico do Brasil - 1989.

renda em dólar gerada pelos bens exportados (PIE). O Produto Nacional Bruto (X) é de US\$ 374,14 E9. O diagrama inferior (b) resume a economia brasileira somando os fluxos eMergéticos das fontes indígenas ($R + N_0 + N_1 + N_2$), as importações ($F + G + P_2I$) e as exportações ($N_2 + E + P_1E$). PIE é definida como a Razão eMergia por Dinheiro (em US\$) para o Brasil (P_1) multiplicada pelo total das exportações (E). P_2I é definida como a Razão Mundial de eMergia por Dinheiro (em US\$; $P_2 = 3,8 \text{ E12 sej}/\$$), multiplicada pelas importações ($F + G = I$).

A Tabela 3 apresenta os Índices eMergéticos do Brasil. A Razão de eMergia por Dinheiro ($6,08 \text{ E12 sej}/\$$) é quase o dobro da correspondente média mundial ($3,8 \text{ E12 sej}/\$$). Quase toda, 93%, da base eMergética da economia brasileira vem de dentro da nação (linha 7, Tabela 3) e apenas 7% é importada (linha 12). 18% do total da economia eMergética é exportado (linha 10). Quase todo o uso eMergético, 92% (linha 14), é renovável localmente. O Brasil tem um déficit líquido eMergético no seu comércio exterior ($312 \text{ E21 sej}/\text{ano}$, linha 8). A razão da eMergia importada pela exportada é de $0,38/1$ (linha 9). Apenas 0,06% do total eMergético da nação vem dos serviços importados (linha 13). A Capacidade de Suporte Renovável no presente nível de vida (linha 17) é uma medida da capacidade de suporte da terra brasileira para os seres humanos, a longo prazo e de forma sustentável. A percentagem da eMergia total das fontes rurais (90%) é multiplicada pela presente população (147,3 milhões de pessoas - 1989). É uma medida do número de pessoas que poderiam ser sustentadas apenas pelas fontes de energia renováveis, mantendo seu nível de vida de 1989. A capacidade de suporte renovável do Brasil é de 133 milhões de pessoas, ou cerca de 90% da população de 1989. A linha 18 representa a capacidade de suporte assumindo um desenvolvimento da economia brasileira compatível àquela que é característica de

Tabela 3. Índices eMergéticos do Brasil, 1989.

| No. | Descrição | Expressão | Quantidade |
|-----|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Fluxo de eMergia renovável | R | 2509,47 E21 sej/ano |
| 2 | Fluxo de reservas indígenas não-renováveis | N | 410,13 E21 sej/ano |
| 3 | Fluxo de eMergia importada | F + G + P2I | 188,51 E21 sej/ano |
| 4 | Influxo total de eMergia | R + N + F + G + P2I | 3108,11 E21 sej/ano |
| 5 | eMergia total usada, U | No + N1 + R + F + G + P2I | 2274,59 E21 sej/ano |
| 6 | eMergia total exportada | N2 + B + P1E | 501,05 E21 sej/ano |
| 7 | Fração de eMergia usada derivada de fontes locais | (No + N1 + R) / U | 93,21% |
| 8 | Importações menos exportações | (F + G + P2I) - (N2 + B + P1E) | -312,54 E21 sej/ano |
| 9 | Razão de importações para exportações | (F + G + P2I) / (N2 + B + P1E) | 0,38 |
| 10 | Fração de eMergia que está sendo exportada | (N2 + B + P1E) / U | 18,05% |
| 11 | Fração usada que é localmente renovável | R / U | 90,42% |
| 12 | Fração de eMergia usada que é comprada (importada) | (F + G + P2I) / U | 6,79% |
| 13 | Fração de serviços importados | P2I / U | 0,06% |
| 14 | Fração do uso que é gratuita | (R + No) / U | 92,19% |
| 15 | densidade eMergética | U / area | 3,26E + 11 sej/m ² |
| 16 | eMergia per capita | U / (population) | 3,40156E + 15 sej/pessoa |
| 17 | Capacidade de suporte renovável no presente nível de vida | (R / U)(population) | 1,33E + 08 pessoas |
| 18 | Capacidade de suporte desenvolvida no pres.nível de vida | 8R / (U / population) | 1,07E + 09 pessoas |
| 19 | Razão eMergia/dinheiro | P1 = U / GNP | 6,07949E + 12 sej/\$ |
| 20 | Uso de combustíveis por pessoa | fuel / population | 5,61303E + 14 sej/pessoa |
| 21 | Razão de Carga Ambiental | (No + N1 + F + G + P2I) / R | 0,11 |
| 22 | Razão Investimento por eMergia | F / (R + N) | 0,064 0,064/1 |

nações desenvolvidas como os Estados Unidos, mas usando o presente padrão de vida do Brasil. A capacidade de suporte desenvolvida é calculada multiplicando o fluxo de eMergia renovável (R) por 8,0 (a razão de eMergia concentrada à eMergia renovável em economias desenvolvidas, Brown e McClanahan, 1992) e a dividindo pelo uso corrente de eMergia per capita (3,402 E15 sej/pessoa; linha 16). A capacidade de suporte desenvolvida é de 1070 milhões de pessoas, mas presume-se que os suprimentos mundiais de energia são de volume suficiente para se conseguir isto e que os presentes padrões de vida seriam mantidos no futuro. Maior a Razão Investimento por eMergia, maior a intensidade de desenvolvimento. A Razão Investimento por eMergia do Brasil de 0,064/1 (Tabela 3; linha 22) é muito baixa e é muito parecida com a da Papua e Nova Guiné (0,04/1, Tabela 4). A Razão do Brasil é cerca de 1/5 a do México (0,3/1, Tabela 4) mostrando uma intensidade de desenvolvimento relativamente baixa. A Figura 10 resume a situação eMergética do Brasil, ou sua 'assinatura eMergética'.

Tabela 4. Índices eMergéticos comparativos para Papua e Nova Guinéa, Brasil, México, e os Estados Unidos

| ÍNDICE | PNG | BRASIL | MEXICO | EUA |
|------------------------------------------------|------|--------|--------|-------|
| eMergia total usada (E20 sej/ano) | 1216 | 27755 | 4818 | 78600 |
| PNB (E9 US \$/ano) | 2,5 | 374 | 185 | 4880 |
| Área (E10 m ²) | 46,2 | 851 | 196 | 940 |
| População (E6 pessoas) | 3,5 | 147,3 | 81,1 | 244 |
| Razão eMergia/ dinheiro (E12 sej/\$) | 4,8 | 6,08 | 2,6 | 1,6 |
| Densidade eMergética (E11 sej/m ²) | 2,6 | 3,26 | 2 | 8,4 |
| eMergia por capita (E15 sej/pessoa*ano) | 37,7 | 3,4 | 5,9 | 32,2 |
| Razão mundial de câmbio eMergético # | 0,08 | 0,625 | 1,5 | 2,4 |
| Razão eMergia por Investimento | 0,04 | 0,064 | 0,3 | 0,3 |
| Razão de carga ambiental | 0,16 | 0,106 | 1,9 | 8,8 |

Vantagem de negociação eMergética da nação baseada na Razão mundial de eMergia/dinheiro (3,8 E12 sej/\$) para a Razão eMergia/dinheiro para o país.

**Assinatura eMergética do Brasil
Ano 1989**

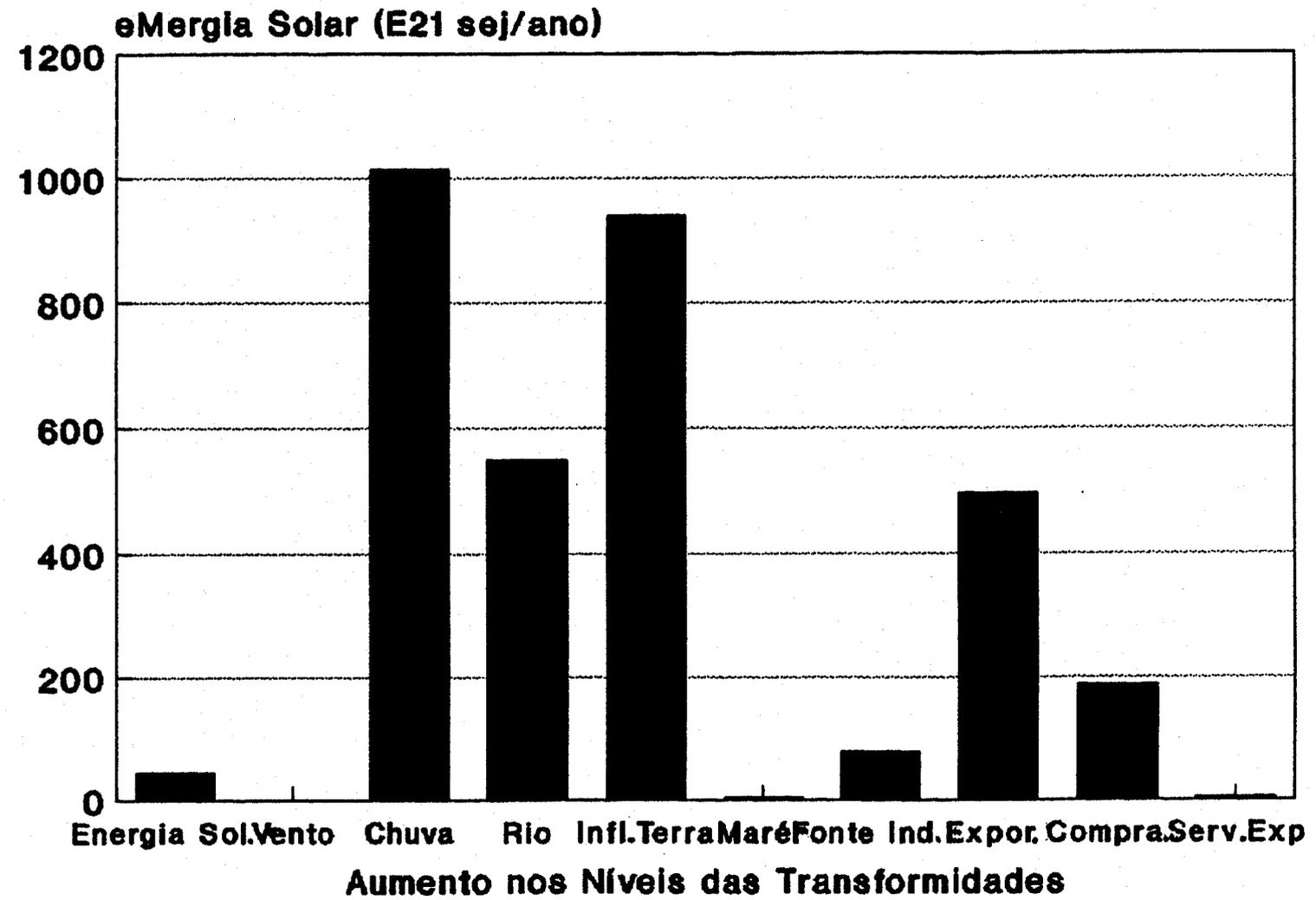


Figura 10 - Assinatura eMerg. do Brasil

A Bacia do Rio Madeira e Itacoatiara

A cidade de Itacoatiara, na Amazônia Central, 284 km a leste de Manaus, capital do Estado do Amazonas, tem uma população de cerca de 60.000 pessoas e está estrategicamente localizada na confluência do Rio Amazonas com o Rio Madeira (Figura 11). Várias indústrias de laminados e compensados instalaram suas fábricas na cidade por ter fácil acesso às madeiras trazidas na correnteza dos rios. As indústrias de compensado de Itacoatiara foram responsáveis em 1989 por 21% da produção de laminados e compensados do Estado do Amazonas que totalizou cerca de 125.000 metros cúbicos, naquele ano (Mota, comunicação pessoal). 10% de todas as indústrias de compensado do estado são consideradas de grande porte, ou seja, com produção entre 1.000 a 2.000 metros cúbicos por mês. Todas as indústrias de Itacoatiara entram nesta categoria (Hummel *et al.* 1993).

Mais de 80% das espécies de madeira existentes na região podem ser usadas para painéis de compensado, embora elas tenham sido limitadas às espécies que têm uma boa capacidade para flutuar na água, ou cuja densidade a peso fresco é mais baixa do que a da água. Durante a última parte da década dos setenta até os anos oitenta, as firmas de compensados e laminados de Itacoatiara contaram quase que exclusivamente com madeira das várzeas do Rio Madeira. As toras eram abatidas durante o período da vazante e transportadas no período da enchente. Como as dificuldades de obter madeira desta área desde 1989 aumentaram, devido tanto à escassez quanto à irregularidade dos períodos de enchente, muitas áreas fora da bacia do Rio Madeira começaram a ser usadas para extração de madeira. A tendência atual é a de usar máquinas e equipamentos pesados como tratores de

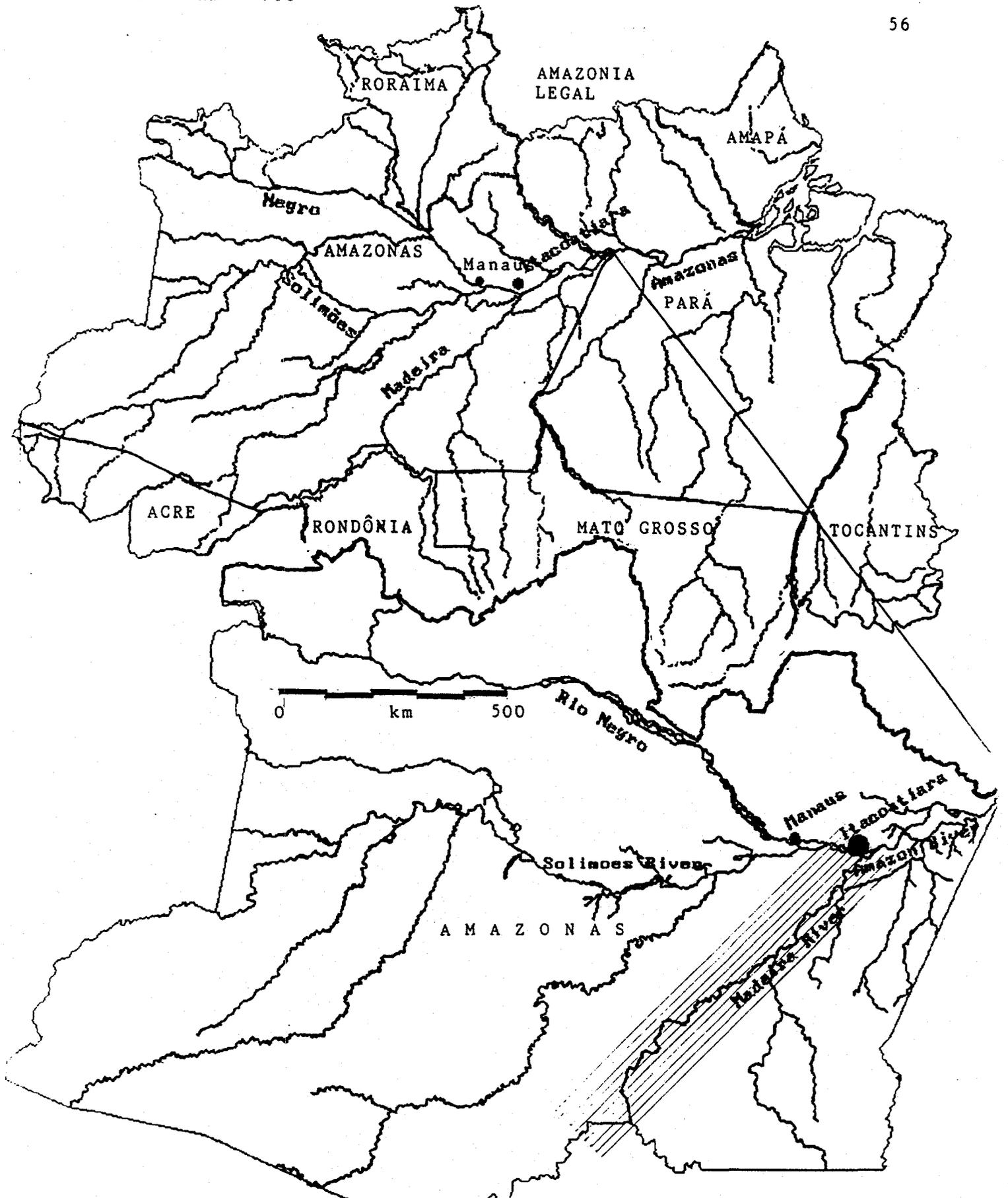


Figura 11 - Itacoatiara e a Bacia do Rio Madeira dentro do Estado do Amazonas.

esteira e escavadoras, juntamente com grandes balsas, em vez do sistema original de jangadas, levadas pela correnteza do rio e ajudadas por barcos, compostas por milhares (3.000 a 4.000 toras em média) de toras extraídas exclusivamente por trabalho manual. A razão é que a maioria da madeira disponível nas várzeas já foi extraída e a demanda não pode esperar por coletas irregulares pela população local, usando métodos tradicionais. Também o fato dos níveis de enchente ser imprevisíveis foi um grande fator que determinou esta mudança.

O autor avaliou a área de floresta de várzea para o Rio Madeira, nos mapas do projeto RADAMBRAZIL 1972-73, com início a 30 km a jusante de Porto Velho, Rondônia, como sendo de 7.370 km². Com base em entrevistas locais e outras fontes, estimou-se o volume anual que chegou em Itacoatiara, pelo Rio Madeira, entre 1985 e 1989, em cerca de 100.000 metros cúbicos. A demanda anual, em Itacoatiara, neste período, foi aproximadamente 250.000 metros cúbicos, os quais foram obtidos de diferentes áreas da Bacia Amazônica. O diagrama sistêmico geral na Figura 12 representa uma agregação dos principais componentes, fontes e caminhos, com ênfase específica no fluxo de toras, bem como o processo de produção do compensado, dentro dos limites da área de várzea do Rio Madeira e da cidade de Itacoatiara.

As energias do sol, da chuva e do rio combinam com a base geológica e com os recursos genéticos para produzir biomassa de madeira na várzea. O rio também providencia energia cinética para facilitar o transporte das toras rio abaixo, interagindo com as duas fontes de contribuição humana, combustíveis e bens e serviços - na forma de barcos, equipamentos, serviços de extração e transporte. As toras, ajuntadas por uma rede de famílias locais e atravessadores,

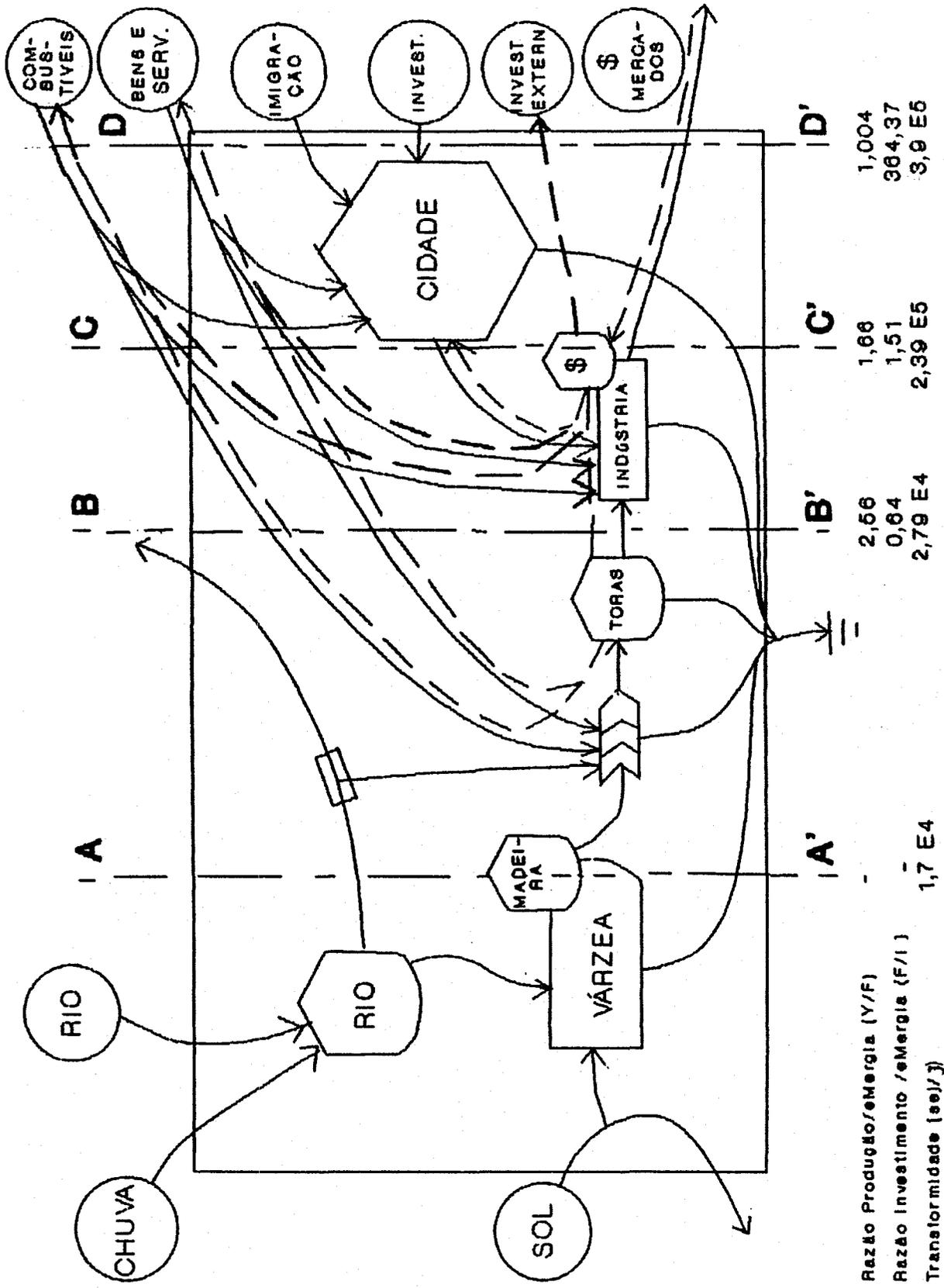


Figura 12 - Diagrama das transferências emergéticas desde a madeira ao compensado.

são estocadas pelas indústrias de Itacoatiara que, usando a força de trabalho da cidade, processam-nas e transformam-nas em produtos finais para os mercados externos. As linhas tracejadas definem os fluxos monetários, iniciando pelos mercados externos e finalmente chegando à cidade, através dos pagamentos da mão-de-obra. A imigração e os investimentos definem parcialmente o crescimento da cidade.

Para avaliar as energias, suas interações e as transformações envolvidas em cada processo, definiu-se quatro linhas de corte: AA', BB', CC' e DD'(Figura 12), cada uma correspondendo a uma etapa significativa no processo da produção de compensado e cada uma quantificada em tabela separada (Tabelas 5 a 8).

Seguindo as transferências energéticas nas diferentes etapas da produção de compensados

Na Tabela 5, o primeiro corte (AA') avalia as fontes naturais de energia e suas contribuições à produção de biomassa de madeira na várzea. Não há retorno pelos seres humanos. As energias da luz do sol, da chuva e do rio contribuem, mas o fator determinante é a chuva. A água da chuva é recolhida pelo rio e é usada pelas árvores de acordo com a taxa de evapotranspiração da floresta de várzea, de 5.000 g/m²/dia (Salati, 1984; Marques, 1986/87). Assim, a contribuição do rio é aquela que é tomada em conta, linha 3, correspondendo a 100,88 E19 sej/ano. Esta quantidade de energia incorporada, ou eMergia, é responsável pela produção de 480 g/m²/ano de biomassa acima do solo da floresta de várzea (Higuchi, comunicação pessoal), que totaliza 5,92 E16 Joules por ano para a área

Tabela 5
AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DO SISTEMA DA VÁRZEA

CORTE AA'

| Anot.Item | Unid./ano | Transformidade sej/unidade | eMergia Solar E19 sej/ano |
|------------------------------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| FATORES AMBIENTAIS | | | |
| 1 Radiação solar J | 3,46E+19 | J 1,00E+00 | 3,46 |
| 2 Chuva J | 5,74E+16 | J 1,50E+04 | 86,17 |
| 3 Cont.rio/várzeaJ | 6,73E+16 | J 1,50E+04 | 100,88 |
| Soma da contribuição eMérgetica ambiental | | | 100,88 |
| FEEDBACK (retorno) | | | |
| Nenhum retorno dos seres humanos. | | | |
| PROCESSO PRODUTIVO | | | |
| 4 Prod.florestal J | 5,92E+16 | J 1,70E+04 | 100,70 |
| Transformidade da Floresta de Varzea | | | |
| eMergia Tot.usada/energia= 1,01E+21/5,92E+16 = | | | 1,70E+04 |

ANOTAÇÕES:

- 1 A contribuição solar está incluída na da chuva:
 $\text{Área} \cdot \text{albedo} \cdot \text{energia em Joules/ano} =$
 $(7370 \text{ km}^2) (E6 \text{ m/km}^2) (0,80) (140 \text{ Kcal/cm}^2/\text{ano}) (186 \text{ J/Kcal})$
 $(1E4 \text{ cm}^2/\text{m}^2) = 3,46E+19 \text{ J/ano}$
- 2 A área da várzea é considerada nos cálculos. A chuva vai para o rio e então para as árvores.
 Potential Químico da chuva= (área da várzea)(precipitação média)(G) =
 $(7370 \text{ km}^2) (E6 \text{ m/km}^2) (1,5589 \text{ m/ano}) (5 \text{ J/g}) (1E6 \text{ g/m}^3) = 5,74E+16 \text{ J/ano}$
- 3 Contribuição do Rio à várzea - ver valores de evapotranspiração para a várzea (Salati, 1984; Marques, 1986-87). A energia disponível à várzea está relacionada à evapotranspiração.
 $(5000\text{g/m}^2/\text{dia}) (365\text{dias/ano}) (7370\text{km}^2) (E6 \text{ m/km}^2) (5\text{J/g}) = 6,73E+16 \text{ J/ano}$
- 4 Produção florestal - produção de biomassa/ano em Joules
 $(480 \text{ g/m}^2/\text{ano}) (4 \text{ Kcal/g}) (4186 \text{ J/Kcal}) (7370 \text{ km}^2) (E6 \text{ m/km}^2) =$
 $5,92E+16 \text{ J/ano}$. Valor da produção de biomassa(estimativa local-Higuchi, comunicação pessoal).

estudada. Dividindo a eMergia total usada pela energia produzida dentro de um ano, a transformidade da biomassa da floresta de várzea pode ser calculada. Esta resulta ser de $1,7 \text{ E4 sej/Joule}$.

É interessante notar que o sistema está em equilíbrio, pois a contribuição eMergética ambiental é de $100,88 \text{ E19 sej/ano}$ e a eMergia total produzida pela biomassa florestal durante um ano (linha 4) é de $100,7 \text{ E19 sej/ano}$, que é praticamente o mesmo valor. Este total eMergético é calculado multiplicando a energia total produzida pela floresta em biomassa, $5,92 \text{ E16 Joules}$, pela sua transformidade de $1,7 \text{ E4 sej/Joule}$.

No segundo corte (BB'; Tabela 6), as toras têm sido extraídas da floresta de várzea e transportadas até as indústrias de Itacoatiara. Até este momento, vários agentes contribuíram com suas energias ao processo.

- a) energia incorporada nas próprias toras (linha 2);
- b) a contribuição cinética do rio, flutuando as toras seguindo o curso da correnteza (linha 1);
- c) bens e serviços que contribuíram para extração e para o transporte das toras e os combustíveis necessários (linha 3).

A eMergia total usada, dos processos humanos (F) e dos inputs naturais (I), ou (F + I), de 94 E18 sej/ano , dividida pela energia produzida (Y - produção das toras extraídas e transportadas), de $3,35 \text{ E15 Joules}$, dá a transformidade do produto (toras, FOB Itacoatiara) de $2,79 \text{ E4 sej/J}$. Esta transformidade é 164% mais elevada do que a da produção de biomassa de madeira da floresta de várzea, porque inclui a energia cinética empregada pelo rio ao flutuar as toras a

Tabela 6
AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DAS TORAS EXTRAÍDAS

CORTE BB'

| Anotação Item | Unid./ano | Transformidade sej/unidade | eMergia Solar E19 sej/ano |
|-----------------------------------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL | | | |
| 1 Cont.cinética do rio J | 3,40E+11 | 4,10E+04 | 0,01 |
| 2 Madeira entrando J | 3,35E+15 | 1,70E+04 | 56,93 |
| Soma das contribuições eMergéticas ambientais (I) | | | 56,93 |
| FEEDBACK (retorno) | | | |
| 3 Corte e transporte \$ | 6,00E+06 | 6,08E+12 | 36,48 |
| Soma das contribuições eMergéticas humanas (F) | | | 36,48 |
| PROCESSO DE PRODUÇÃO | | | |
| 4 Toras J | 3,35E+15 | 2,79E+04 | 93,41 |
| Soma dos processos produtivos (Y) | | | 93,41 |

RAZÕES

Razão produção por eMergia = Y/F $(9,34 \text{ E}19 / 3,65 \text{ E}19) = 2,56$
 Razão investimento por eMergia = F/I = $(3,65 \text{ E}19 / 5,69 \text{ E}19) = 0,640791$

Transformidade das toras extraídas e transportadas =
 $\text{eMergia total usada/energia} = (5,69\text{E}19 + 3,65\text{E}19) / 3,35\text{E}15 = 2,79\text{E}+04$
 produzida

ANOTAÇÕES:

- Contribuição cinética do rio ao transporte das toras (Mississippi Report, p51-53) a bacia do Rio Madeira é considerada nos cálculos. Água deslocada pelas toras-ano:
 $(2,5 \text{ E}5 \text{ tons/ano})(0,9 \text{ ton/m}^3) = 2,25\text{E}+05 \text{ m}^3/\text{ano}$
 Volume do rio - $1\text{E}10 \text{ m}^3/\text{ano}$, Energia livre de Gibbs :
 $(1 \text{ E}10 \text{ m}^3/\text{ano})(1 \text{ E}6 \text{ g/m}^3)(5 \text{ J/g}) = 5\text{E}+16 \text{ J/ano}$
 Energia geopotencial que contribui à energia cinética durante o fluxo:
 100 m elevação média, Gravidade $9,8 \text{ m/sec}^2$:
 $(1 \text{ E}10 \text{ m}^3/\text{ano})(100 \text{ m})(1 \text{ E}3 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/sec}^2) = 9,8\text{E}+15 \text{ J/ano}$
 Fração do rio usada pelas toras: $(3,7 \text{ E}5 \text{ m}^3/\text{ano}) / (1 \text{ E}10 \text{ m}^3/\text{ano}) = 3,7\text{E}-05$ (Mississippi River Basin Report, 1987, p. 51)
 Fração da energia geopotencial do rio:
 $(3,7\text{E}-05)(9,8 \text{ E}15 \text{ J/ano}) = 3,40 \text{ E}11 \text{ J/ano}$
- Madeira recebida - (ton. de madeira extraídas /ano)
 $(250000 \text{ m}^3/\text{ano})(0,8 \text{ E}6 \text{ g/m}^3)(4\text{Kcal/g})(4186 \text{ J/Kcal}) = 3,35\text{E}+15 \text{ J /ano}$
- Serviços de corte e transporte -
 As toras são pagas o mesmo valor em 3 diferentes fases de transporte:
 1) às margens do rio após o abate por núcleos de trabalho familiares;
 2) às margens do rio após ter sido juntadas por 2 grupos diferentes;
 3) às margens do rio FOB fábrica.
 $(250.000 \text{ m}^3)(\$ 8,00/\text{m}^3)*3 = 6,00\text{E}+06 \text{ \$}$
- Toras - (R.W. Bruce, comunicação pessoal).
 $(250000 \text{ m}^3/\text{ano})(0,8 \text{ E}6 \text{ g/m}^3)(4\text{Kcal/g})(4186 \text{ J/Kcal}) = 3,35\text{E}+15 \text{ J /ano}$

jusante, os bens e serviços envolvidos na extração e transporte e, também, os combustíveis.

As contribuições eMergéticas dos processos humanos (F - "Feedback", retorno) são 39,4% (36,48 E18 sej/ano) da eMergia total usada para fazer chegar as toras até a indústria, enquanto a contribuição da natureza (I - Input) é de 60,6% (56,9 E18 sej/ano). Isto resulta numa Razão de Investimento por eMergia de 0,64 (ver Figura 12), refletindo o fato de que a energia suprida pelos processos humanos é menor do que aquela oriunda da natureza. Até este ponto no processo há uma baixa intensidade de desenvolvimento, ou seja, apenas o corte, extração e transporte das toras.

Para a extração e o transporte da energia contida nas toras , 3,35 E15 Joules (linha 4; Tabela 6), que é o produto deste processo (Y - "Yield", produção), há uma contribuição humana de 36,48 E18 sej/ano (F). Dividindo Y por F obtem-se a Razão de Produção por eMergia de 2,56. Para cada unidade de energia alocada pelos processos humanos obtem-se 2,56 unidades de energia produzida, na forma de toras cortadas.

No terceiro corte (CC'), na Tabela 7, as toras foram transformadas no produto final, compensado e laminado, pela interação dos processos industriais. Assim são considerados todos os inputs para a indústria: ambientais, construcionais e operacionais, que incluem a contribuição da mão-de-obra da cidade. Para avaliar a contribuição eMergética das toras que entram na indústria, usa-se a transformidade da Tabela anterior, de 2,79 E4 sej/J.

Neste ponto, o processo de produção de compensado adquiriu novos inputs

CORTE CC'

| Anot. | Item | Unid./ano | Transformidade sej/unidade | eMergia Solar E18 sej/ano |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL | | | | |
| 1 | Toras | J 3,35E+15 | 2,80E+04 | 93,77 |
| | Soma das contribuições eMergéticas ambientais | | | 93,77 |
| FEEDBACK (retorno) | | | | |
| Inputs das construções | | | | |
| 2 | Madeira | g 3,72E+08 | 3,75E+08 | 0,14 |
| 3 | Cimento armado | g 3,54E+10 | 9,26E+07 | 3,28 |
| 4 | Aço | g 2,16E+09 | 1,80E+09 | 3,89 |
| 5 | Móveis | g 2,30E+08 | 4,00E+06 | 0,00 |
| 6 | Máquinas-equip. | g 2,15E+10 | 6,70E+09 | 144,11 |
| Inputs operationais | | | | |
| 7 | Custos das toras | \$ 6,00E+06 | 6,08E+12 | 36,48 |
| 8 | Lenha-caldeiras | J 1,93E+15 | 3,49E+04 | 67,32 |
| 9 | Electricidade | J 3,26E+13 | 2,00E+05 | 6,51 |
| 10 | Combustíveis | lit 2,32E+06 | | 6,74 |
| 11 | Mão-de-obra | \$ 1,54E+06 | 6,08E+12 | 9,36 |
| 12 | Serviços auxil. | \$ 1,02E+06 | 6,08E+12 | 6,20 |
| 13 | Transporte FOB | \$ 4,44E+05 | 6,08E+12 | 2,70 |
| 14 | Bens-ano | \$ 1,00E+06 | 6,08E+12 | 6,08 |
| | Soma dos inputs comprados (F) | | | 292,81 |
| PROCESSO PRODUTIVO (Y) | | | | |
| 15 | Lamin./compensados J | 9,87E+14 | 2,40E+05 | 236,88 |
| RAZÕES | | | | |
| | | | | 0,81 |
| | Razão produção por eMergia = Y/F = | 2,37E20/2,95E20 | | 3,12 |
| | Razão investimento por eMergia = F/I | 2,95E20/9,38E19 | | |
| | Transformidade do produto acabado (lamin./compensado) = eMergia Total/produção (energia) | | | |
| | (I+F)eMergia / (Y)energia = (9,38E19 + 2,95E20)/9,87E14 = | | | 3,92E+05 sej/J |

ANOTAÇÕES

- Toras - (25000 m3/ano)(0,8 E6 g/m3)(4Kcal/g)(4186 J/Kcal)= 3,35E+15 J /ano
 Dados par os itens 1 a 8 obtidos de entrevistas e visitas nos locais.
- Madeira - (108000 m2)(3kg/m2)(1000 g/kg)+(4800 m2)(10 kg/m2)(1000 g/kg) = 3,72E+08 g /ano
- Cimento armado - [(108000 m2)(0,1 m)+(4800 m2)(0,07 m)](2500 kg/m3)(1000 g/kg) = 3,54E+10 g /ano
- Aço estrutural - (108000 m2)(20 kg/m2)(1E3 g/kg) = 2,16E+09 g /ano
- Móveis - (4800 m2)(0,3)(0,2 m)(800 kg/m3)(1000 g/kg) = 2,30E+08 g /ano
- Aço nos maquinários - (2743,5 m3)(7,84E6g/m3) = 2,15E+10 g /ano
- Custo das toras - (25000 m3)(\$ 24/m3) = 6,00E+06 \$ /ano
- Lenha para as caldeiras - (12000 m3/mês)(12 meses/ano)(800 kg/m3)(1000 g/kg)(4Kcal/g)(4186 J/Kcal) = 1,93E+15 J /ano
- Electricidade - (9045520 KWH/ano)(860 Kcal/KWH)(4186 J/Kcal)= 3,26E+13 J /ano
 Dados da CEAM - Companhia de Eletricidade do Amazonas(Out.90/Set.91)
- Combustíveis - 2,32 E6 litros/ano; dados da PETROBRAS-Manaus.
- Dados dos itens 11 a 15 foram obtidos de entrevistas e visitas nos locais.

de eMergia, resultando em eMergia total adicional e numa transformidade maior (2,39 E5 sej/J), 87,2% superior a do corte BB'. Também o Corte CC' tem uma Razão de Investimento por eMergia maior do que o corte anterior (corte BB'), 1,56 contra 0,64. A Razão Produção por eMergia diminuiu substancialmente: 1,66 contra 2,56. Mais eMergia está sendo usada para uma produção menor, 9,87 E14 Joules de laminados e compensados produzidos, contra 3,35 E15 Joules de energia contida nas toras que chegam para ser processadas (ver caminho das toras no corte BB').

Os fluxos de dinheiro já estão presentes no corte BB' pelos custos combinados da extração, do transporte e dos combustíveis associados. No corte CC', o fluxo de dinheiro vem das vendas para os mercados externos; o dinheiro é parcialmente usado a nível local pela indústria, pois é gasto na aquisição de bens e serviços envolvidos na construção das infraestruturas industriais, na cobertura de custos operacionais e no pagamento de mão-de-obra. A maior parte do dinheiro sai do sistema na forma de investimentos externos (ver Figuras 12 e 13). A Figura 13 resume o sistema de produção das fábricas de compensado.

O quarto corte (DD'), Tabela 8, apresenta a síntese da cidade de Itacoatiara e das eMergias que foram contribuídas para sua construção. É uma aproximação dos últimos 20 anos do desenvolvimento da cidade. Os fluxos considerados são os fluxos anuais de materiais, bens e serviços.

Neste corte, para obter a mesma razão de eMergia na produção de laminados e compensados (9,87 E14 Joules/ano), precisa-se de um investimento muito maior. A cidade inteira é considerada como a estrutura necessária que sustenta o grande volume de mão-de-obra indispensável à indústria. A cidade vem a ser o

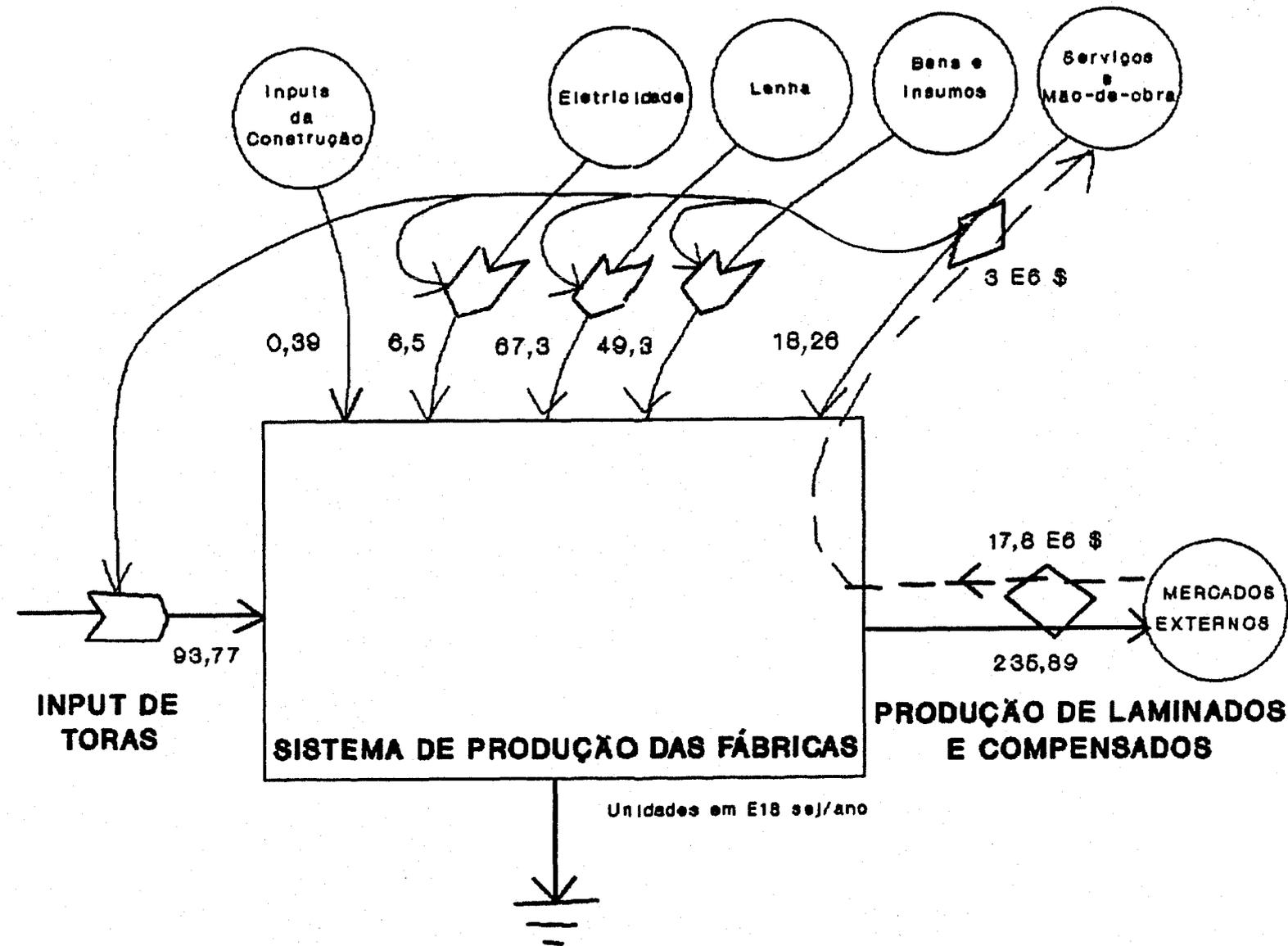


Figura 18 - Sistema de Produção das fábricas de compensado (unidades energéticas).

Tabela 8
AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DO SISTEMA DE ITACOATIARA

CORTE DD'

| Anot. | Item | Unid./ano | Transformidade sej/unidade | eMergia Solar E18 sej/ano |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL | | | | |
| 1 | Pot. quím. chuva | J 7,02E+13 | 1,50E+04 | 1,05 |
| | Soma das contribuições eMergéticas ambientais | | | 1,05 |
| FEEDBACK (retorno) | | | | |
| Inputs das construções (setor público) | | | | |
| 2 | Paviment. ruas | \$ 1,15E+06 | 6,08E+12 | 6,97 |
| 3 | Iluminação ruas | \$ 4,67E+05 | 6,08E+12 | 2,84 |
| 4 | Rede alta tensão | \$ 9,00E+05 | 6,08E+12 | 5,47 |
| 5 | Rede hidráulica | \$ 4,67E+05 | 6,08E+12 | 2,84 |
| 6 | Constr. educacionais | \$ 8,90E+04 | 6,08E+12 | 0,54 |
| 7 | Instalações de saúde | \$ 2,50E+04 | 6,08E+12 | 0,15 |
| 8 | Instalações porto | \$ 1,25E+05 | 6,08E+12 | 0,76 |
| 9 | Prédios administr. | \$ 1,44E+04 | 6,08E+12 | 0,09 |
| | TOTAL CONSTRUÇÕES PÚBLICAS | | | 19,66 |
| Inputs das construções (setor privado) | | | | |
| 10 | Residências/lojas | \$ 2,68E+06 | 6,08E+12 | 16,26 |
| 11 | Outras fábricas | \$ 1,00E+06 | 6,08E+12 | 6,08 |
| | TOTAL DAS CONSTRUÇÕES PRIVADAS | | | 22,34 |
| Inputs operationais | | | | |
| 12 | Combustíveis | J | | 4,39 |
| 13 | Eletricidade | J 7,78E+13 | 2,00E+05 | 15,55 |
| 14 | Bens de consumo | \$ 3,38E+07 | 6,08E+12 | 205,50 |
| 15 | Mão-de-obra | \$ 1,71E+07 | 6,08E+12 | 103,85 |
| 16 | Bens/ano | \$ 1,82E+06 | 6,08E+12 | 11,07 |
| | TOTAL DOS INPUTS OPERACIONAIS | | | 340,36 |
| | SOMA DOS INVESTIMENTOS TOTAIS DA CIDADE (F) | | | 383,42 |
| PROCESSO PRODUTIVO (Y) | | | | |
| 17 | Lamin./compensados | J 9,87E+14 | 3,90E+05 | 384,93 |
| RAZÕES | | | | |
| | Razão produção por eMergia = Y/F = | | 397,7E18/383E18 | 1,0039 |
| | Razão investimento por eMergia = F/I | | 383,4E18/1,05E18 | 364,3747 |
| | Transformidade do produto acabado (lamin./compensado) = eMergia Total/produção (energia) | | | |
| | (I+F)eMergia / (Y)energia = (1,05E18+383,42E18)/9,87E14= | | | |
| | | | | 3,90E+05 sej/J |

ANOTAÇÕES

- 1 Chuva - Potencial químico - (área urbana)(média da precipitação)(G)
 (9 km²)(1E6 m/km²)(1,5589 m/ano)(5 J/g)(1E6 g/m³)=
- 2-11 Dados dos itens 2 a 11 obtidos das autoridades locais e o IBGE. 7,02E+13 J/ano
 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Tabela 8 (continuada)

- 12 Combustíveis - (83,8 T/ano)(44 E9 J/T)+(1106 T/ano)(44 E9 J/T)+
 +(375 T/ano)(44 E9 J/T) =
 3,68 E12 J (diesel)+4,86 E13 J (gasoline)+1,65 E13 J (ethanol)=
 Convertindo para eMergia:
 (3,68 E12 J)(5300 sej/J)+(4,86 E13 J)(66000 sej/J)+(1,65 E13 J)(60000sej/J)=
- 13 Electricidade - Uso total - Fábricas de laminados e compensados = 4,39264 sej/ano
 (3,07E7 KWH - 0,904 E7 KWH)(860 Kcal/KWH)(4186 J/Kcal)=
 (fonte CEAM-Companhia Estadual de Eletricidade do Amazonas-Out.90/ 7,78E+13 J/ano
- 14 Bens de consumo - 50% população (5000 famílias) gastam \$ 25/semana com alimentação
 e \$ 15/semana com outros bens.
 30% população (3000 famílias) gastam \$ 40/semana com alimentação
 e \$ 30/semana com outros bens.
 20% população (2000 famílias) gastam \$ 70/semana com alimentação
 e \$ 50/semana com outros bens.
 (5000)(\$40/sem * 52sem/ano) + (3000)(\$70/sem)(52 sem/ano) + (2000)(\$120/sem)
 (52 sem/ano) =
- 15-16 Dados fornecidos pela SEFAZ Secretaria da Fazenda do Amazonas, ICOTI,
 Departamento de Obras da Prefeitura de Itacoatiara. 3,38E+07 \$ /ano

investimento que a indústria faz indiretamente, juntamente ao governo e à população local, para manter seus volumes de suprimentos e produção, e a qualidade dos seus produtos.

Como poderia ser esperado, a Razão Investimento por eMergia é extremamente alta (364,37), como as eMergias supridas pelo homem são significativamente superiores às do ambiente, e a Razão de Produção por eMergia de 1,037 é menor do que no corte CC' (1,66). A transformidade para produção de compensado é 163% mais alta: 3,9 E5 sej/J, contra 2,39 E5 sej/J no corte CC', como a mesma quantia de compensado é produzida com um investimento eMergético mais alto.

Comparações entre Cortes CC' e DD'

Quando se considera a cidade como a estrutura responsável pela produção de laminados e compensados, uma transformidade mais alta é obtida, como visto no parágrafo anterior. O investimento total anual feito pela cidade é de 383,42 E18 sej/ano, contra o investimento industrial de 141,78 sej/ano. A cidade é então responsável pelo investimento e gerenciamento de 73% da eMergia usada, enquanto a indústria é responsável por apenas 27%. Em ambos os sistemas, a mesma eMergia que entra sai: 397,58 E18 sej/ano entram pela cidade e 397,76 E18 sej/ano saem na forma de compensado; 235,55 E18 sej/ano são usados pela indústria e 235,89 E18 sej/ano são produzidos.

Os inputs operacionais totais para a cidade (351,95 E18 sej/ano) excedem os da indústria (141,78 E18 sej/ano), mas eles são apenas 2,4 vezes maiores. Isto

indica que 24% da economia energética da cidade é representada pela indústria.

O maior fluxo de energia, durante um ano, para a indústria, vem das toras, com 40% (Tabela 9 e Figura 14), seguido pela lenha (29%), que entra parcialmente pela reciclagem da madeira descartada e parcialmente pela lenha adquirida (não se conseguiu dados das proporções relativas). Bens e materiais, incluindo volumes pequenos de combustíveis, vem em terceiro lugar com 21%. Serviços e mão-de-obra, eletricidade e inputs para construção são, respectivamente, responsáveis por 8%, 3% e 0,2% do total dos fluxos energéticos.

O maior fluxo energético anual dentro da cidade de Itacoatiara é o da produção de laminados e compensados, 49,99%, exatamente metade de todos os fluxos. Como esperado, bens e serviços respondem pela próxima fatia de 25,83%, seguidos por serviços e mão-de-obra, 13,05%, eletricidade, 3,91%, construção pública e privada, 2,81% e 2,47%, respectivamente, e, finalmente, combustíveis usados, com 0,55%.

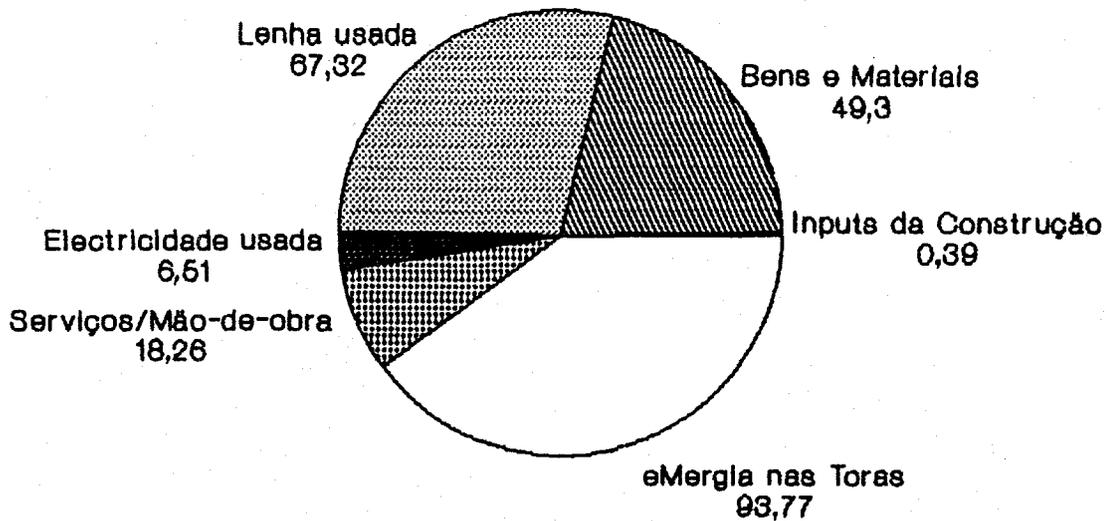
Tabela 9 - Fluxos eMergéticos para a Indústria e a Cidade.

| Item No. | Descrição | Valor eMergético E18 sej/ano | % |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------|
| Fluxos eMergéticos no Sistema de Produção das Fábricas. | | | |
| 1 | eMergia nas toras | 93,77 | 39,81 |
| 2 | Inputs da construção | 0,39 | 0,17 |
| 3 | Bens e materiais | 49,3 | 20,93 |
| 4 | Lenha usada | 67,32 | 28,58 |
| 5 | Electricidade usada | 6,51 | 2,76 |
| 6 | Serviços e mão-de-obra | 18,26 | 7,75 |
| | TOTAL | 235,55 | 100,00 |
| Fluxos eMergéticos dentro da Cidade. | | | |
| 1 | Output de compens./lamin. | 397,76 | 49,99 |
| 2 | Electricidade usada | 31,1 | 3,91 |
| 3 | Bens / ano | 11,07 | 1,39 |
| 4 | Bens e serviços | 205,5 | 25,83 |
| 5 | Construção privada | 22,34 | 2,81 |
| 6 | Construção pública | 19,66 | 2,47 |
| 7 | Servilos e mão-de-obra | 103,8 | 13,05 |
| 8 | Combustíveis usados | 4,39 | 0,55 |
| | TOTAL | 795,62 | 100,00 |

EmERGIAS INDUSTRIAIS GASTAS

Sistema de Produção das Fábricas

72



Unidades em E18 sej/ano

EmERGIAS GASTAS PELA CIDADE

Fluxos eMergéticos Anuais da Cidade

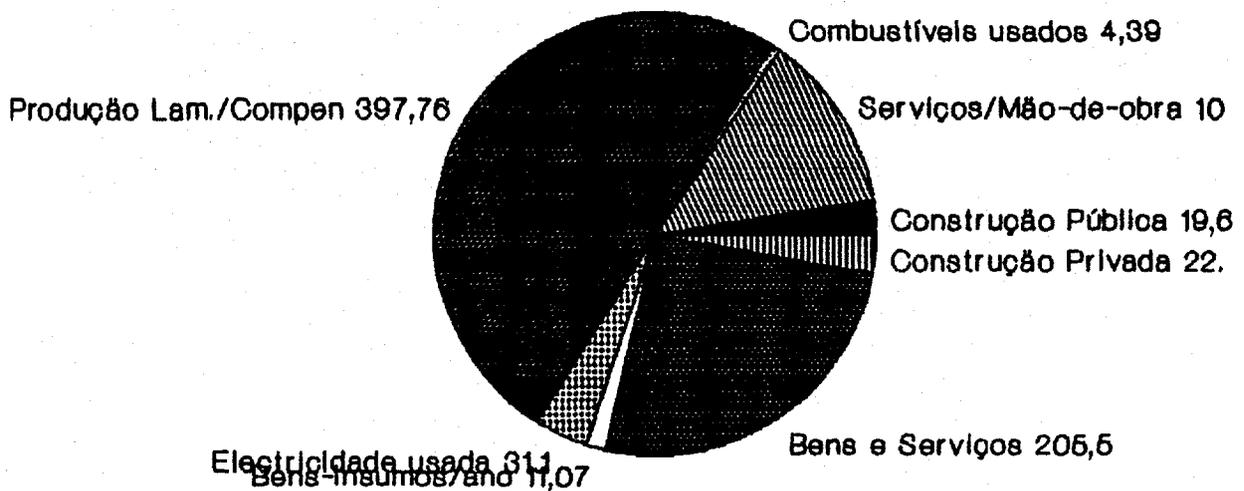


Figura 14 - eMergias proporcionais gastas pela indústria e pela cidade.

DISCUSSÃO

Avaliação geral do país

A avaliação eMergética indica o estado de transição da economia brasileira. A Razão eMergia por Dinheiro do Brasil é quase duas vezes a da média mundial de 3,8 E12 sej/\$ (US), que claramente o classifica dentro do grupo das nações menos desenvolvidas. A razão de eMergia per capita do Brasil (3,4 E15 sej/pessoa*ano) é relativamente baixa. A razão da Índia é de 1,0 E15 sej/pessoa e a dos Estados Unidos é de 29 E15 sej/pessoa (Odum 1987). Isto pode implicar que existe uma população abundante em relação aos recursos. A nação tem uma base de minérios e agricultura com potencial para aumento da produção de hidreletricidade, que teria que ser vista em razão das perdas sociais e ambientais resultantes das mudanças ecológicas nas áreas ocupadas pelas hidrelétricas. O Brasil tem uma perda líquida de eMergia no seu comércio exterior, que não é devida diretamente ao seu déficit no balanço dos pagamentos, mas pelo fato de que muito valor está sendo exportado com minérios, madeira e produtos da agricultura. Assim, este desequilíbrio é devido à exportação de matérias-primas, que totalizam 98,96% das exportações.

A análise das economias de outras nações (Odum e Odum, 1983) levou a uma classificação das economias nacionais baseadas nas suas exportações como nações "consumidoras" ou nações "provedoras". Se uma nação importa mais eMergia do que exporta, está classificada como uma nação "consumidora"; quando ela exporta mais do que ela importa, é uma nação "provedora". As nações provedoras podem

ser ulteriormente classificadas na base da composição das suas exportações. As nações cujas exportações são compostas principalmente de matérias-primas (em quantidades maiores do que 50%) são "provedoras de recursos". Quando as exportações são compostas principalmente de produtos de qualidade elevada, ou intermediária, ou são produtos acabados, a nação exportadora é considerada uma "provedora de commodity" (Brown, 1992). O Brasil é então um provedor de recursos.

Relação entre a indústria de laminados e compensados e a cidade de Itacoatiara

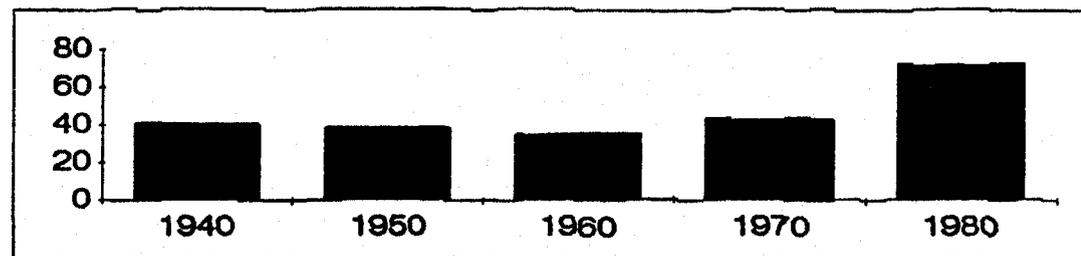
A taxa de urbanização de Itacoatiara apresentou uma expressiva mudança nos anos oitenta, de uma percentagem de 35 a 42% por década, entre 1940 e 1970, a uma alta de 71,8% nos anos oitenta, correspondendo à instalação da indústria de compensados. A população também pulou de 37.000 nos anos setenta, a quase 60.000 em 1987 (Figura 15).

Comparando a Razão Investimento por eMergia do compensado com a do Brasil

Uma clara indicação das condições favoráveis disponíveis para a indústria, ao tempo da sua instalação (além de proximidade à matéria prima, generosos incentivos fiscais estaduais e mão-de-obra barata), é a comparação entre a Razão Investimento por eMergia das fábricas de compensado com a do Brasil como um todo. Neste caso, compara-se quanta emergia foi produzida através do processo de produção do compensado e quanto este dinheiro estava valendo para a indústria. Assim, em 1989, por uma produção de 235,89 E18 sej/ano de compensado, a indústria recebeu US\$ 17,8 milhões. Dividindo a eMergia pelo dinheiro, obtem-se o valor eMergia por dinheiro de 13,26 E12 sej/\$. Isto é 2,18 vezes maior do que o do Brasil (6,03 E12 sej/\$; Tabela 2). Isto quer dizer que por 1 dólar investido na economia eMergética de Itacoatiara, do ponto de vista da indústria, consegue-se duas vezes o resultado eMergético que se conseguiria, em

ITACOATIARA
Taxas de Urbanização

| Anos | % Aumento |
|------|-----------|
| 1940 | 40,59 |
| 1950 | 38,67 |
| 1960 | 34,86 |
| 1970 | 42,67 |
| 1980 | 71,8 |



Crescimento Populacional

| Anos | População |
|------|-----------|
| 1940 | 11.681 |
| 1950 | 15.173 |
| 1960 | 25.627 |
| 1970 | 37.346 |
| 1980 | 37.237 |
| 1987 | 59.678 |

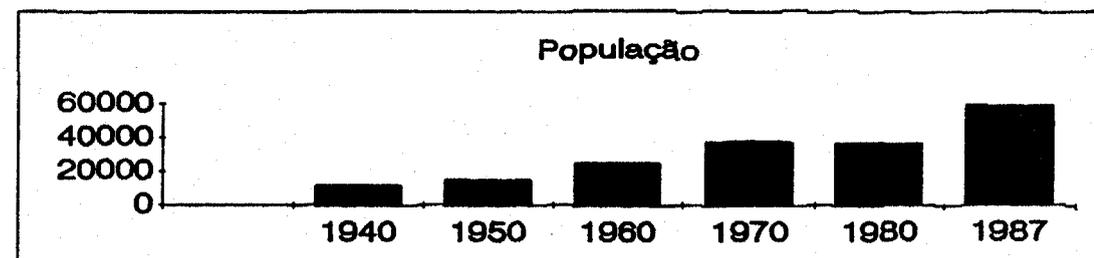


Figura 15 - Crescimento populacional de Itacoatiara e Taxas de Urbanização por década.

média, se este dólar fosse investido em qualquer outro lugar no país. Isto, porém, não implica num arranjo social justo ou melhor, como, argumenta-se, os resultados poderiam ser melhores para a população em geral. Os salários pagos aos trabalhadores das fábricas são muito baixos e as condições de trabalho são duras. A indústria mantém que isto tem que ser feito para poder competir no mercado internacional, enquanto os poucos e mal organizados sindicatos dos trabalhadores desafiam esta posição argumentando que todos os benefícios saem dos limites da cidade e que as empresas não investem suficientemente nela.

A razão de Investimento por eMergia como indicadora da intensidade de desenvolvimento

No corte BB' (Tabela 6), onde as toras estão chegando da floresta, o investimento é pequeno. Nesta fase, o processo de produção do compensado registra uma Razão de Investimento por eMergia de 0,64/1 que, mesmo nesta fase inicial, supera em 10 vezes a Razão de Investimento por eMergia média para todo o Brasil (0,064/1; Tabela 3, linha 22). Na medida em que as toras são industrialmente processadas, a Razão de Investimento por eMergia pula para 1,51/1 (Tabela 7; corte CC'), ou 2,36 vezes mais alta, quase 24 vezes a do Brasil. Finalmente, se se considera a cidade inteira como uma parte responsável pelo processo, alcança-se um máximo de 364,37/1, que representa cerca de 50 vezes a média para os Estados Unidos.

A comparação entre Razões Regionais de Investimento por eMergia e as razões para desenvolvimentos existentes ou propostos pode ser usada como um indicador da intensidade do desenvolvimento dentro da economia local.

Não foi possível, dentro da finalidade deste estudo, reunir dados suficientes para determinar uma Razão Regional de Investimento por eMergia que poderia ter sido comparada com o processo de produção de compensado dentro do sistema em estudo. Porém, julgando pela concentração industrial, comercial e de serviços em Manaus, a capital do Estado do Amazonas, dentro da grande extensão espacial da floresta amazônica, a Razão Regional de Investimento por eMergia deveria ser até menor do que a do Brasil como um todo (0,064/1; Tabela 3, linha 22). Isto reforçaria o argumento de que o processo da extração de madeira e da fabricação de compensado têm Razões de Investimento por eMergia muito maiores do que as do restante do Brasil.

Comparando a eMergia do corte das toras e seu transporte aos dólares pagos FOB (Free On Board) Itacoatiara

Até os anos noventa as toras eram cortadas e ajuntadas de forma muito dispersa e quase que inteiramente por unidades de trabalho familiares. Uma típica unidade de trabalho familiar podia consistir de um pai e dois filhos, ela poderia cortar cerca de 10 árvores por ano, na estação da vazante (cerca de 20 metros cúbicos nas condições da várzea), e levá-las rio abaixo na medida

permitida pelos níveis crescentes da água. As toras seriam ajuntadas para o comprador. Este comprador intermediário ajuntaria várias toras com seu pequeno barco e as deixaria num ponto mais a jusante do rio, onde as passaria a outro comprador. Nesta fase teriam-se cerca de 200 toras (aproximadamente 400 metros cúbicos). A "jangada" completa para a indústria, com, em média, 4.000 metros cúbicos, seria então levada rio abaixo por barcos maiores. O ajuntamento das toras em jangadas é uma verdadeira arte que usa as toras mais leves para sustentar as mais pesadas (maior densidade relativa) numa rede de conexões de cabos de aço e ganchos especialmente fabricados.

Um preço fixo é pago para o produto para cada etapa ao longo destas transações econômicas. Este preço totaliza US\$ 24,00 FOB Itacoatiara (em 1991). Porém, se são calculadas as despesas de energia incorporada ao longo deste processo, obtem-se um valor muito diferente, que é mais de 10 vezes maior (exatamente 12,25 vezes, ver Tabela 10 para os cálculos). Em equivalentes energéticos, o valor em dólar das toras, FOB Itacoatiara, é de 3,65 E19 sej/ano, enquanto para o total das energias envolvidas, tendo calculado mão-de-obra, transporte, combustíveis e depreciação de equipamentos, obtem-se a quantia de 4,47 E20 sej/ano. É importante aqui mencionar que, em relação às exportações internacionais de toras, o preço médio pago em 1989, no Estado do Amazonas, por toras, era de US\$ 9,48 (Hummel *et al*, 1993), assim tornando os gastos energéticos 31 vezes maiores do que o valor energético do dólar pago para as toras de exportação. Precisa-se esclarecer que estes são cálculos bastante aproximados de volumes e de gastos de mão-de-obra, mas eles representam ordens de magnitude razoavelmente corretas. Esta diferença denota a inabilidade do dinheiro em representar uma medida verdadeira do gasto energético e do custo real.

Tabela 10
CÁLCULOS DE GASTOS ENERGÉTICOS

1. Calculando a TRANSFORMIDADE de um indivíduo no Brasil (dados de 1989)
 Total da energia Nacional / Capita = $(2,27 \text{ E}24 \text{ sej/ano}) / (147,3 \text{ E}6 \text{ pessoas}) =$
 $1,54\text{E}+16 \text{ sej/pessoa/ano}$
 Transformidade por Pessoa (Média Nacional) =
 energia Nacional/Capita / Necessidade Energética/Capita =
 $(1,54 \text{ E}16 \text{ sej/pessoa/ano}) / (3,82 \text{ E}9 \text{ J/pessoa/ano}) =$ 4,03E+06
 sej/J
 Anotação: Necessidades Energéticas/Capita =
 $(2500 \text{ kcal/dia})(365 \text{ dia/ano})(4186 \text{ J/kcal}) = 3,82\text{E}+09$

NÍVEL 1 - extrativismo familiar (20 m3/lote)

Mão-de-obra: $(112.500 \text{ dia-homem})(2500 \text{ kcal/dia})(4186 \text{ J/kcal})(4,03 \text{ E}6 \text{ sej/J}) =$
 $4,74\text{E}+18 \text{ sej/ano}$
 Combustível: $(1.375.000 \text{ lit/ano})(44 \text{ E}9 \text{ J/T})(6,6 \text{ E}4 \text{ sej/J}) =$
 $3,99\text{E}+18 \text{ sej/ano}$
 Depreciação e Custos de Manutenção:
 $(\$ 50/\text{motoserra} + \$ 50/\text{candá})(12500 \text{ grupos de trabalho})(6,08 \text{ E}12 \text{ sej/\$}) =$
 $7,60\text{E}+18 \text{ sej/ano}$
 TOT.N1 = $1,63\text{E}+19 \text{ sej/ano}$

NÍVEL 2 - primeira jangada (400 m3/lote)

Mão-de-obra: $(50.000 \text{ dias-homem})(2500 \text{ kcal/dia})(4186 \text{ J/kcal})(4,03 \text{ E}6 \text{ sej/J}) =$
 $2,11\text{E}+18 \text{ sej/ano}$
 Combustível: $(125.000 \text{ lit/ano})(44 \text{ E}9 \text{ J/T})(6,6 \text{ E}4 \text{ sej/J}) =$
 $3,63\text{E}+20 \text{ sej/ano}$
 Depreciação e Custos de Manutenção:
 $(\$ 30.000/\text{barco})(34 \text{ barcos})(10\%) + (\$ 30.000/\text{barco})(34 \text{ barcos})(10\%) =$
 $*(6,08 \text{ E}12 \text{ sej/\$}) =$
 $1,24\text{E}+18 \text{ sej/ano}$
 TOT.N2 = $3,66\text{E}+20 \text{ sej/ano}$

NÍVEL 3 - segunda jangada (4000 m3, preparação da jangada final)

Mão-de-obra: $(3750 \text{ dias-homem})(2500 \text{ kcal/dia})(4186 \text{ J/kcal})(4,03 \text{ E}6 \text{ sej/J}) =$
 $1,58\text{E}+17 \text{ sej/ano}$
 Combustível: $(18.750 \text{ lit/ano})(44 \text{ E}9 \text{ J/T})(6,6 \text{ E}4 \text{ sej/J}) =$
 $5,45\text{E}+19 \text{ sej/ano}$
 Depreciação e Custos de Manutenção:
 $(\$80.000/\text{barco})(4 \text{ barcos})(10\%) + (\$80.000/\text{barco})(4 \text{ barcos})(10\%) =$
 $*(6,08 \text{ E}12 \text{ sej/\$}) =$
 $3,89\text{E}+17 \text{ sej/ano}$
 TOT.N3 = $5,50\text{E}+19 \text{ sej/ano}$

NÍVEL 4 - jangada completa para indústria (4000 m3)

Mão-de-obra: $(5000 \text{ dias-homem})(2500 \text{ kcal/dia})(4186 \text{ J/kcal})(4,03 \text{ E}6 \text{ sej/J}) =$
 $2,11\text{E}+17 \text{ sej/ano}$
 Combustível: $(250.000 \text{ lit/ano})(44 \text{ E}9 \text{ J/T})(6,6 \text{ E}4 \text{ sej/J}) =$
 $7,26\text{E}+20 \text{ sej/ano}$
 Depreciação e Custos de Manutenção:
 $(\$100.000/\text{barco})(4 \text{ barcos})(10\%) + (\$100.000/\text{barco})(4 \text{ barcos})(10\%) =$
 $*(6,08 \text{ E}12 \text{ sej/\$}) =$
 $4,86\text{E}+17 \text{ sej/ano}$

Tabela 10 (continuação)

TOTAIS

| | |
|-------------------------------------------------------|------------------|
| NÍVEL 1 - extrativismo familiar(20 m3/lote) | 1,63E+19 sej/ano |
| NÍVEL 2 - primeira jangada (400 m3/lote) | 3,66E+20 sej/ano |
| NÍVEL 3 - segunda jangada (4000 m3, p/ jangada final) | 5,50E+19 sej/ano |
| NÍVEL 4 - jangada completa para indústria (4000 m3) | 4,86E+17 sej/ano |
| Totalizando | 4,38E+20 sej/ano |

CÁLCULOS EM VALORES MONETÁRIOS (\$)

NÍVEL 1 - extrativismo familiar(20 m3/lote)

Value of logs at riverside \$ 8,00/m3
 (250.000 m3)(8 \$/m3) = 2,00E+06

NÍVELS 2-3 - primeira jangada (400 m3/lote)

Valor das toras na beira \$ 8,00/m3
 (250.000 m3)(8 \$/m3) = 2,00E+06

NÍVEL 4 - jangada completa para indústria (4000 m3)

Valor das toras na beira \$ 8,00/m3
 (250.000 m3)(8 \$/m3) = 2,00E+06

Totalizando (em US \$) = 6,00E+06
 em equivalentes energético s:(6 E6 \$)(6,08 E12sej/\$)= 3,65E+19 sej/ano

COMPARANDO AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E VALOR DO DINHEIRO (\$)

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Avaliação energética do processo - | 4,38E+20 sej/ano |
| Avaliação Económica - | 3,65E+19 sej/ano |

Esta diferença denota a inabilidade do dinheiro em representar uma medida apropriada dos gastos energéticos e dos custos reais.

Neste ponto, torna-se importante enfatizar que há muito trabalho a se fazer para educar a indústria a nível nacional e internacional a repor no ambiente uma certa fração da sua renda líquida. Isto é o caso especialmente agora, quando a tendência emergente é a de entrar na floresta da várzea com tratores pesados e carregar toras em balsas, uma vez que a demanda está aumentando (o Sudeste da Ásia está esgotando seus estoques florestais) e as áreas tradicionais de extração da várzea do Rio Madeira estão praticamente esvaziadas de espécies úteis à indústria de laminados e compensados.

SIMULAÇÃO

A operação de um sistema pode ser simulada gerando sua configuração em intervalos de tempo. A simulação mostra como um sistema se comporta com o tempo.

Minimodelos Macroscópicos

Os minimodelos macroscópicos são uma família de modelos que pode ajudar a construir uma visão panorâmica, em grande escala, dos componentes ecológicos e econômicos de um sistema específico em investigação. Eles são macroscópicos por representar uma visão generalizada dos principais componentes determinantes e das funções forçantes dentro de um sistema, seus inputs e outputs, e seu funcionamento dentro de um sistema maior. Eles são também minimodelos pelo fato de agregar vários fatores e simplificar o contexto geral para identificar rapidamente certas questões básicas e definir possíveis tendências daquele sistema de acordo com as mudanças nas condições prevaletentes. A integração dos fluxos monetários dentro destes modelos permite explorar as relações fundamentais entre preços da produção vendida e bens adquiridos, entre a população humana e a produção da indústria de compensado, no caso deste estudo, entre a taxa de extração de recursos e os impactos ambientais. O modelador procura alocar funções a componentes agregados na procura de simplificar a complexidade.

O valor geral dos modelos está no fato de que eles podem testar hipóteses,

tais como verificar se um sistema fornecerá uma produção sustentável ou se ele cairá numa situação de "ascensão e queda". Eles podem assistir em encontrar maneiras de atingir um estado mais equilibrado e sustentável, ou na simulação à resposta do sistema numa eventual queda na economia mundial. Seu grande recurso é também o de servir como ajuda visual na geração de famílias de curvas como diferentes taxas de extração na floresta, com todo o resto permanecendo constante.

A concepção do modelo

Um modelo, como resumo das partes importantes de um sistema, representa uma decisão a respeito de que atividades são essenciais naquele sistema. Usando os símbolos na Figura 3, as relações entre as fontes, as partes, estoques e produtos são graficamente definidas num diagrama. O comportamento do sistema resulta destas relações. O diagrama do sistema não é apenas uma ferramenta visual importante que estabelece componentes, funções e conexões, mas uma relação mecânica que define relações matemáticas, produz um conjunto de equações relacionadas, escritas a partir das relações expostas, e as integra num programa de computação. Estas equações representam mudanças em cada quantidade de estoque. Rodando este programa de simulação com os dados disponíveis, ou mesmo com dados inventados, pode-se providenciar uma indicação útil do que o sistema fará dentro de um determinado período de tempo.

Iteração Digital

A iteração digital é feita por cálculos sucessivos das quantidades presentes nos estoques, na medida em que eles mudam com os influxos e os escoamentos. Influxos e escoamentos são adicionados ou subtraídos a cada cálculo, a intervalos de tempo regulares. A quantidade existente de estoque é calculada incrementando-a com seus inputs ou diminuindo-a com seus escoamentos, durante um intervalo de tempo, marcando o resultado como um ponto num gráfico, ou escrito como um valor. O cálculo é então repetido para o próximo intervalo de tempo. Esta série de incrementos discretos é chamada iteração e o processo é um processo digital porque não é um processo de funções constantemente variáveis. Esta simulação digital é a avaliação sucessiva de equações diferenciais que representam o sistema.

Equações diferenciais

Na simulação de sistemas mais complexos, onde existem mais de um estoque, cada estoque é definido por uma equação de taxa de mudança com sua linha de programação. Uma equação diferencial mostra as mudanças de um sistema no tempo. Num determinado momento, as quantidades são aquelas no tempo do último cálculo mais os incrementos adicionados para o pequeno intervalo de tempo i desde o último cálculo, como em:

$$Q_{t+1} = Q_t + i(J - kQ) \quad (1-1)$$

Aqui, a quantidade Q , após o próximo intervalo de tempo $(t + 1)$, será a

quantidade no tempo t mais o incremento que é a taxa de fluxo $(J - kQ)$ vezes o intervalo de tempo decorrido i . Cálculos reiterados das equações diferenciais providenciam um cálculo continuado das quantidades presentes num estoque.

Os incrementos de mudança, ou declarações 'DQ', são calculados antes de adicionar os incrementos aos estoques. Um elemento limitante é incluído após cada declaração para uma quantidade de estoque Q , sendo que este não pode ser inferior a zero, como na equação (1-2)

$$\text{IF } Q < 0, \text{ THEN } Q = 0 \quad (1-2)$$

Valores para J e K e valores iniciais para T e Q são colocados dentro da alocação de memória do computador ($T = 0, Q = 0, J = 1, K = 0.5$ - a linguagem do computador reconhece o ponto como uma vírgula). Um valor para Q no intervalo de tempo 1 é calculado de acordo com a equação diferencial ($Q_{t+1} = Q_t + J - kQ_t$) e o novo valor para Q substitui o valor antigo. O tempo então avança de uma unidade de tempo e o cálculo é repetido. Com cada virada iterativa, os valores de T e de Q naquele momento de tempo são marcados; K e J mantem seus valores como constantes.

Programando em BASIC

As instruções na linguagem BASIC usam simples palavras em Inglês com linhas numeradas, pelas quais o computador programa a sequência das operações. Na instrução "plot" (marcar), a máquina gera um gráfico. A simulação pode ser

rodada novamente alterando alguma propriedade como a fonte da energia, I, ou as condições iniciais de partida, Q1, resultando num novo gráfico.

Equações de taxa de mudança

Como as equações constituem uma linguagem sistêmica, elas indicam como termos separados, que representam componentes ou partes dentro de um sistema, deveriam ser combinados. A equação de taxa de mudança soma as taxas das contribuições ou subtrações de um estoque, conforme a figura a seguir:

$$J_o$$

$$Q$$

$$J = KQ$$

$$Q = J_o - KQ$$

Taxa de mudança em Q com o tempo = taxa de influxo - taxa de saída (dependente da quantidade estocada)

Equação da taxa de mudança para o estoque

Como a saída, J, depende da quantidade estocada, o fluxo pode ser representado como um produto do coeficiente de transferência e a quantidade Q:

$$Q = J_o - KQ$$

(1-3)

A taxa de mudança é o equilíbrio do influxo J_o e da saída KQ , incluindo as perdas de calor do estoque e dos seus caminhos. A taxa de mudança de Q com

o tempo é mostrada por um ponto em cima da letra Q: Q.

" O diagrama do circuito energético mostra a relação dos estoques e dos fluxos de forma pitórica e assim representa a equação diferencial muito simplesmente e com igual rigor, com um caminho para cada termo na equação." (Odum, 1983).

Calibração

Uma vez que os dados são disponíveis para a maioria dos componentes no modelo, os coeficientes para os diferentes caminhos são calculados. Os coeficientes indicam as taxas de fluxo ao longo dos caminhos e seus valores podem tanto ser dados observados em situações reais quanto valores inventados para testar a resposta do modelo.

A quantidade processada por unidade de tempo, ou fluxo, é expressa em números para os propósitos da calibração, e a mesma coisa se dá para as quantias dos estoques. Normalmente assume-se uma condição de equilíbrio para calibrar o modelo. Para cada caminho são escritas equações e o termo matemático para o caminho é igualado ao valor do fluxo. Os valores dos estoques substituem os símbolos matemáticos para os estoques para resolver as equações. Finalmente, uma planilha eletrônica pode ser usada para calcular os coeficientes do modelo. Assim, com qualquer mudança de valor na tabela, o programa vai recalcular qualquer coeficiente afetado pela mudança (ver Tabela 11).

Tabela 11 - Calculando e calibrando coeficientes

Modelo da Indústria de Laminados e compensados de Itacoatiara

| FONTES | Símbolo | Unidades |
|------------------------|---------|---------------|
| Recursos Naturais | I = | 1 |
| Energia Desviada | R = | 0,05 |
| Área Usada | C = | 25000 Ha |
| Preço do Mercado | P1 = | 0,1 |
| Bens e Serviços | P2 = | 0,3 |
| Preço dos Combustíveis | P3 = | 1 |
| Madeira (floresta) | W = | 402 kg/Ha |
| Bens Imóveis (cidade) | A = | 1,60E+08 \$ |
| Toras (estoques) | L = | 200000 Tons |
| População (números) | N = | 60000 Pessoas |
| População perimetral | OP = | 6000 Pessoas |
| Dinheiro | M = | 4450000 \$ |

COEFICIENTES

| Fluxo | Equação | Valor | Coeficiente | Valor |
|-------|-----------------------------------------|----------|-------------|----------|
| J0 | $J0 = K0 \cdot R \cdot W =$ | 0,95 | K0= | 4,73E-02 |
| J1 | $J1 = K1 \cdot R \cdot W =$ | 4,02 | K1= | 2,00E-01 |
| J2 | $J2 = K2 \cdot W =$ | 4,02 | K2= | 1,00E-02 |
| J3 | $J3 = K3 \cdot W \cdot (A/C) =$ | 8 | K3= | 3,11E-06 |
| J4 | $J4 = K4 \cdot (A/C) \cdot C \cdot W =$ | 200000 | K4= | 3,11E-06 |
| J5 | $J5 = K5 \cdot L =$ | 20000 | K5= | 1,00E-01 |
| J6 | $J6 = K6 \cdot L \cdot N =$ | 180000 | K6= | 1,50E-05 |
| J7 | $J7 = K7 \cdot L \cdot N =$ | 1,78E+07 | K7= | 1,48E-03 |
| J9 | $J9 = K9 \cdot A \cdot N =$ | 2,50E+06 | K9= | 2,60E-07 |
| J10 | $J10 = K10 \cdot N \cdot A =$ | 1800 | K10= | 3,00E-02 |
| J11 | $J11 = K11 \cdot N =$ | 1200 | K11= | 2,00E-02 |
| J12 | $J12 = K12 \cdot N =$ | 600 | K12= | 1,00E-02 |
| J13 | $J13 = K13 \cdot OP =$ | 600 | K13= | 1,00E-01 |
| J14 | $J14 = K14 \cdot M =$ | 3,16E+06 | K14= | 7,10E-01 |
| J15 | $J15 = K15 \cdot W \cdot A \cdot C =$ | 500000 | K15= | 3,11E-10 |
| J16 | $J16 = K16 \cdot W \cdot (A/C) =$ | 1768,7 | K16= | 0,001 |
| J18 | $J18 = K18 \cdot A =$ | 1,60E+07 | K18= | 0,10 |
| J19 | $J19 = K19 \cdot M =$ | 1,42E+07 | K19= | 3,20E+00 |
| J20 | $J20 = K20 \cdot M / P2 =$ | 3,16E+06 | K20= | 2,13E-01 |
| J21 | $J21 = K21 \cdot C \cdot P3 \cdot JF =$ | 4,00E+05 | K21= | 9,05E-03 |

Modelo da Indústria de Compensados e da População de Itacoatiara

Este minimodelo macroscópico representa o impacto da extração de toras nos recursos naturais, de acordo com o aumento ou a diminuição dos ganhos das indústrias, do preço do petróleo e da mão-de-obra, como também investiga as relações entre sucesso ou fracasso industrial, crescimento populacional e imigração, e os bens e insumos de Itacoatiara.

O modelo usa madeira da floresta, insumos comprados e mão-de-obra disponível da população que imigra para gerar produtos úteis para exportação. De acordo com o diagrama do modelo (Figura 16), os recursos naturais no lado esquerdo providenciam a energia (I), que interage com a madeira da floresta, ou biomassa (W). Do estoque florestal de biomassa (W) as toras são extraídas (L), de acordo com a taxa indicada pelos bens e insumos (A). A taxa de extração das toras também depende do preço de mercado (P1) para o produto acabado (compensado/laminado), dos preços de bens e serviços (P2) e do preço dos combustíveis (P3), e tem um certo efeito nos números da população (N). A população externa é atraída à cidade pelo aumento em bens (A), dependendo do dinheiro investido pela indústria (JM) e do dinheiro recebido pelas vendas do compensado. No caso de Itacoatiara, quase todo o dinheiro recebido das vendas de compensado sai do sistema e o que permanece dentro dele apenas mantém os bens industriais com pequenas adições tecnológicas à eficiência industrial.

O modelo baseia-se em taxas de fluxo para, e vindo de, cinco componentes de estoques: biomassa de madeira da floresta (W), estoque industrial de toras (L), população de Itacoatiara (N), seus bens e insumos (A), e seu dinheiro (M).

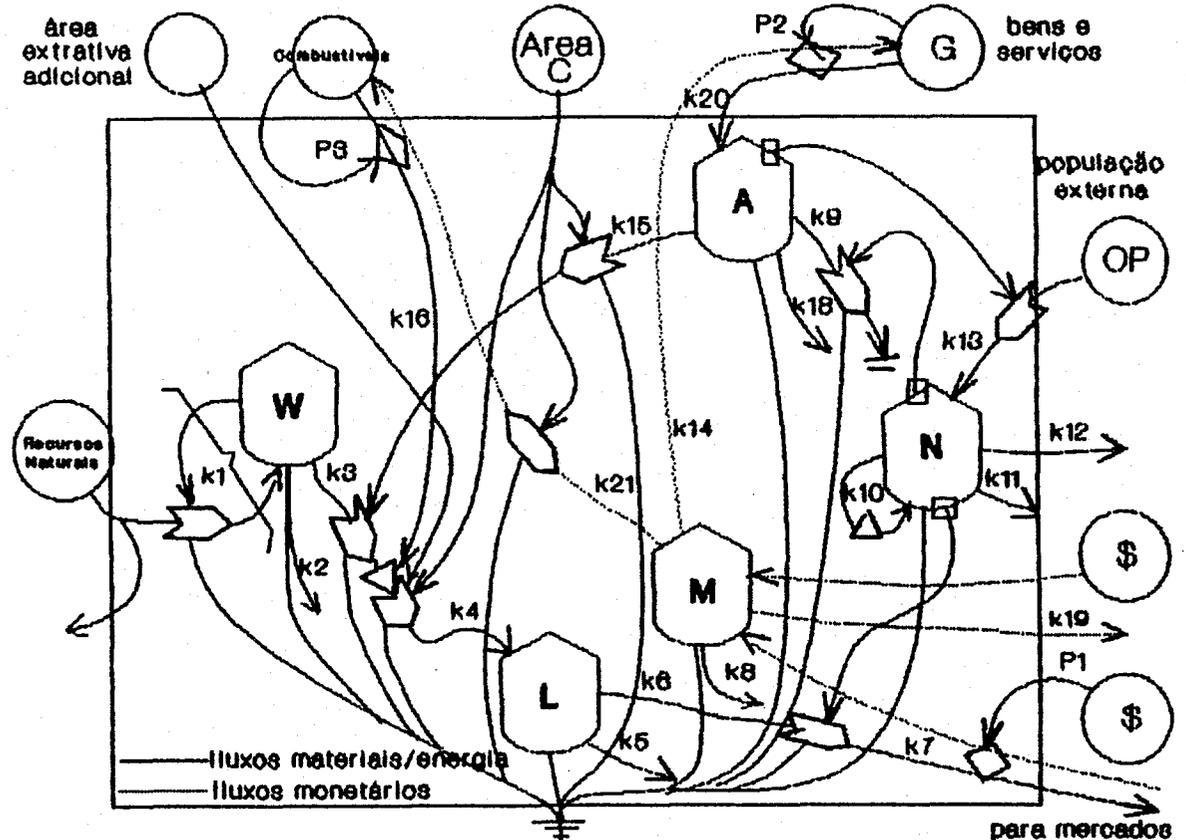


Figura 16 - Modelo de simulação energética. W: biomassa florestal; A: bens; L: estoque de toras; M: dinheiro; N: população.

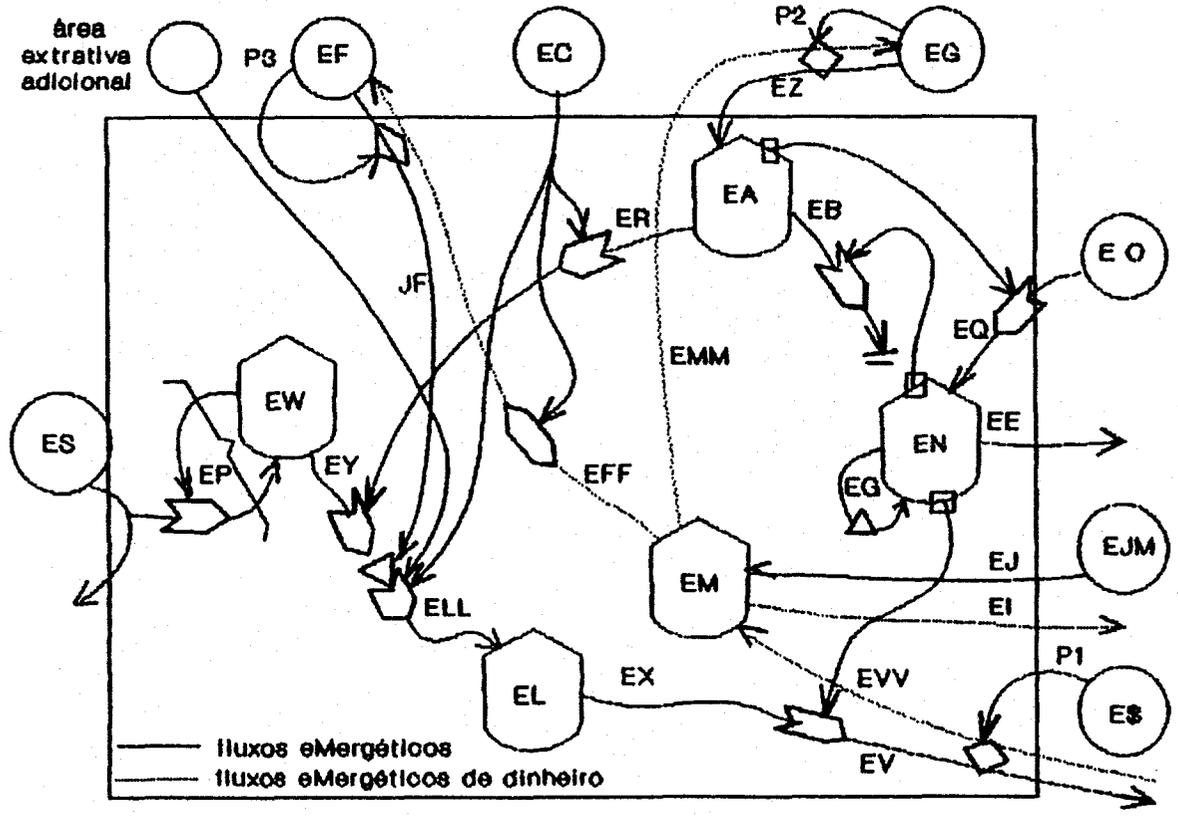


Figura 17 - Modelo de simulação emergética.

Calibração do Modelo de Itacoatiara

Os dados foram coletados para os cinco componentes de estoque e para as taxas de fluxo para eles e fluindo deles. Os coeficientes foram derivados num estado de equilíbrio e seus valores usados nos cálculos do modelo.

As equações de taxa de mudança usadas para os estoques foram:

Para o estoque de madeira na floresta (W):

$$DW = K1 \cdot R \cdot W - K3 \cdot W \cdot A/C - K2 \cdot W$$

Onde: K1 = coeficiente de crescimento líquido de biomassa em t/ha/ano
K2 = coeficiente de perda de biomassa em t/ha/ano
K3 = fluxo de biomassa para o corte em t/ha/ano

Para o estoque de toras nos pátios industriais (L):

$$DL = K4 \cdot W \cdot (A/C) \cdot C - K5 \cdot L - K6 \cdot L \cdot N$$

Onde: K4 = coeficiente do fluxo de toras em t/ano
K5 = coeficiente da perda de toras em t/ano
K6 = coeficiente das toras usadas em t/ano

Para os bens da cidade (A):

$$DA = K20 \cdot M/P2 - k9 \cdot A \cdot N - k15 \cdot A \cdot C \cdot W - k18 \cdot A$$

Onde: K9 = coeficiente do fluxo de bens para a população em \$/ano
K15 = coeficiente do fluxo de bens para o processo de corte da madeira em \$/ano
K18 = coeficiente do fluxo de depreciação dos bens em \$/ano
K20 = coeficiente do influxo de bens em \$/ano

Para o estoque de dinheiro (M):

$$DM = P1 \cdot K7 \cdot L \cdot N - K21 \cdot C \cdot P3 \cdot JF - K14 \cdot M + JM - K19 \cdot M$$

Onde: K7 = coeficiente do fluxo de produtos acabados e do retorno financeiro em \$/ano
K14 = coeficiente do influxo de dinheiro provindo da venda

do produto em \$/ano
K19 = coeficiente do fluxo de dinheiro que sai do sistema
e provem da venda de produtos em \$/ano

Para a população (Números, N):

$$DN = K10*N + K13*OP*A - K11*N - K12*N$$

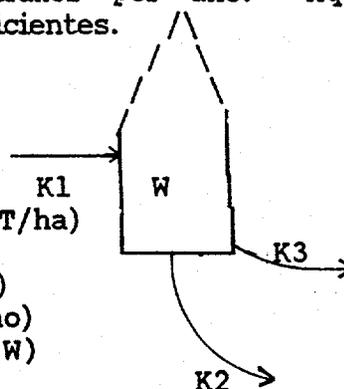
Onde:
K10 = coeficiente da taxa de crescimento populacional em pessoas/ano
K11 = coeficiente da taxa de mortalidade em pessoas/ano
K12 = coeficiente da taxa de emigração em pessoas/ano
K13 = coeficiente da taxa de imigração em pessoas/ano

Calculando coeficientes - Fluxos por ano

Os coeficientes foram calculados de acordo com as equações acima e usando dados coletados sobre as magnitudes dos fluxos por ano. Aqui os 'Js' representam fluxos, e os 'Ks' representam coeficientes.

Estoque florestal de madeira (W)

- Onde:
- W = estoque florestal de madeira (T/ha)
 - = 402 t/ha (tot.acima e abaixo do solo - Fearnside, com.pess.)
 - J1= cresc.líq. de biomassa (t/ha/ano)
 - 1% do estoque flor.de madeira (W)
 - = $402 \times 0,01 = 4,02$ t/ha
 - J2= biomassa perdida em t/ha/ano (1% de biomassa)
 - 1% do estoque florestal de madeira (W)
 - = $402 \times 0,01 = 4,02$ t/ha
 - J3= fluxos de biomassa para o corte (t/ha/ano)
 - Para calcular a área de exploração considerou-se 2 árvores/ha e 2 m³/árvore (R.W.Bruce, com.pess., 1993), um total de 4m³/ha, para 100.000 m³/ano, precisamos de 25.000 ha.
 - $100.000 \text{ m}^3 \times 0,8 \text{ t/m}^3 = 80.000 \text{ t}$
 - J3 = $80 \text{ E}3 \text{ t/ha/ano} \times 2,5$ (fator de destruição florestal, Uhl e Vieira, 1989; Fearnside, 1993) $\times 25.000 \text{ ha}$
 - = $80 \text{ E}3 \text{ t/ha/ano} \times 2,5 / 25.000 \text{ ha} = 8 \text{ t/ha/ano}$



Pela equação 3, mudança em W = DW

$$DW = K1 \cdot R \cdot W - K3 \cdot W \cdot A / C - K2 \cdot W$$

Assim: $J1 = K1 \cdot R \cdot W$, $J2 = K2 \cdot W$, $J3 = K3 \cdot W \cdot A / C$

$$K1 = J1 / R \cdot W = 4,02 / (0,05 \cdot 402) = 0,2$$

$$K2 = J2 / W = 4,02 / 402 = 0,01$$

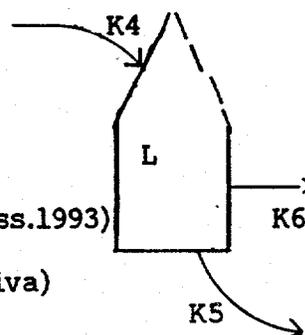
$$K3 = J3 / W \cdot A / C = 8 / [(402 \cdot 1,6 \text{E}8) / 25000] = 3,11 \text{ E-}6$$

e: $K0 \cdot R \cdot W = 0,95$

$$K0 = 0,95 / (R \cdot W) = 0,95 / (0,05 \cdot 402) = 0,054$$

Estoque industrial de toras (L)

- Onde:
- J4 = fluxo de toras em t/ano
 - = $(250000 \text{ m}^3/\text{ano})(0,8 \text{ T/m}^3)$
 - = 200000 t/ano (R.W.Bruce, com.pess.1993)
 - J5 = perda em toras em t/ano
 - (aprox. 10% de J4, uma estimativa)
 - = 20000 t/ano
 - J6 = toras usadas em t/ano
 - (approx. 90% de J4)



= 180000 t/ano
 L = estoque de madeira em toneladas
 = 200000 t/ano (R.W.Bruce, com.pess., 1993)

Pela equação 4, mudança em $L = DL$

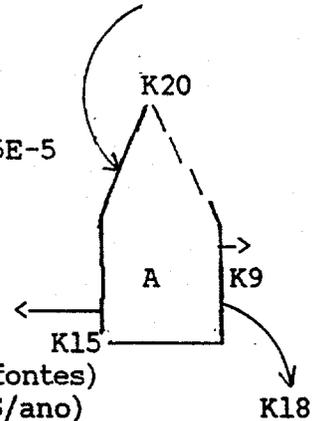
$$DL = K4*W*(A/C)*C - K5*L - K6*L*N + 1.5*[K4*W*(A/C)*C]$$

Assim: $J4 = K4*W*(A/C)*C$, $J6 = K6*L*N$

Onde: $K4 = J4/[W*(A/C)*C]$
 $= 200000/(402*1,6E8)$
 $= 3,1E-6$
 $K5 = J5/L$
 $= 20000/200000$
 $= 0,1$
 $K6 = J6/(L*N) = 180000/(200000*60000) = 1,5E-5$

Bens da cidade (A)

Onde: A = bens da cidade em \$
 $= 1,6 E8 \$$ (Escrit.Municip.e outras fontes)
 $J9 =$ fluxo de bens para a população (\$/ano) $= 2,56 E6 \$$ (ICOTI - Estudo de Itacoatiara)
 $J15 =$ bens que fluem para o processo de extração (\$/ano) $= 0,5 E6 \$$
 $J18 =$ depreciação (\$/ano), 10% $= 1,6 E7 \$$
 $J20 =$ influxo de bens e serviços (\$/ano) $= 3,16 E6 \$$ (SEFAZ - 100 principais empresas comerciais)



Pela equação 5, mudança em $A = DA$

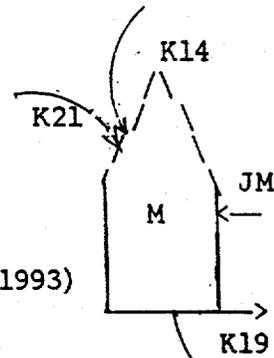
$$DA = K20*M/P2 - K9*A*N - K15*A*C*W - K18*A$$

Assim: $J9 = K9*A*N$, $J20 = K20*M/P2$, $J15 = K15*A*C*W$, $J18 = K18*A$

e: $K9 = J9/(A*N) = 2,5 E6/(1,6 E8*6 E4) = 2,6 E-7$
 $K15 = J15/(A*C*W) = 0,5E6/(1,6 E8*4,55 E6*402) = 1,708 E-12$
 $K18 = J18/A = 1,6 E7/1,6 E8 = 0,1$
 $K20 = (J20*P)/M = (3,16 E6*0,3)/1,78 E7 = 0,0532$

Estoque de dinheiro (M)

- Onde:
- M = estoque capital industrial \$
= 1,78 E7 \$ (R.W.Bruce,com.pess.,1993)
 - J7= fluxo do produto acabado e retorno de dinheiro (\$) = 1,78 E7 \$
 - J14= bens e serviços para insumos (estimativa) K7 →
 - J19= dinheiro enviado para o Sul do Brasil (aprox.80% da renda) = 1,78 E7 x 0,8 = 1,424 E7 \$



Pela equação 6, mudança em M = DM

$$DM = P1 \cdot K7 \cdot L \cdot N - K21 \cdot C \cdot P3 \cdot JF - K14 \cdot M + JM$$

Assim : J7 = P1 * K7 * L * N, J14 = K14 * M, JM é uma constante, aqui suposta de ser 1.

$$JF = K16 \cdot W \cdot (A/C) \text{ e } K16 = J16 / [W \cdot (A/C)]$$

$$K16 = 1768,7 \text{ T/ano} / (402 \cdot 1,6 \text{ E8} / 4,55 \text{ E6}) = 0,1251$$

$$\text{Então: } JF = 0,1833 \cdot 402 \cdot (1,6 \text{ E8} / 4,55 \text{ E6}) = 2591,2$$

e:

$$K7 = J7 / (P1 \cdot L \cdot N) = 1,78 \text{ E7} / (0,1 \cdot 1,8 \text{ E5} \cdot 6 \text{ E4}) = 0,0165$$

$$K14 = J14 / M = 3,16 \text{ E6} / 1,78 \text{ E7} = 0,1775$$

$$K19 = J19 / M = 1,424 \text{ E7} / 1,78 \text{ E7} = 0,8$$

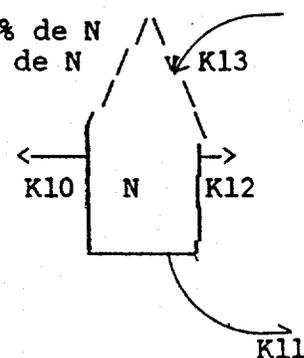
Também:

$$K21 \cdot C \cdot P3 \cdot JF = 4 \text{ E5}$$

$$K21 = 4 \text{ E5} / (C \cdot P3 \cdot JF) = 4 \text{ E5} / (4,55 \text{ E6} \cdot 0,3 \cdot 2591,2) = 1,13 \text{ E-4}$$

População (N)

- Onde:
- N = população = 60000 pessoas
 - J10 = taxa de crescim.populac., aprox. 3% de N
 - J11 = taxa de mortal.populac., aprox. 2% de N
 - J12 = emigração, 1% de N = 600 pessoas/ano
 - J13 = imigração, 1% de N = 600 pessoas/ano



Pela equação 7, mudança em N = DN

$$DN = K10 \cdot N + K13 \cdot OP - K11 \cdot N - K12 \cdot N$$

Assim: $J_{10} = K_{10} * N$, $J_{11} = K_{11} * N$, $J_{12} = K_{12} * N$, $J_{13} = K_{13} * OP$

Onde: $K_{10} = J_{10}/N = 1800/60000 = 0,03$
 $K_{11} = J_{11}/N = 1200/60000 = 0,02$
 $K_{12} = J_{12}/N = 600/60000 = 0,01$
 $K_{13} = J_{13}/OP = 600/6000 = 0,1$

O cálculo dos coeficientes é resumido na Tabela 11 usando uma planilha eletrônica ('Excel 3.0'- software). A Tabela 12 mostra o programa de simulação.

Tabela 11 - Calculando e calibrando coeficientes

Modelo da Indústria de Laminados e compensados de Itacoatiara

| FONTES | Símbolo | Unidades |
|------------------------|---------|---------------|
| Recursos Naturais | I = | 1 |
| Energia Desviada | R = | 0,05 |
| Área Usada | C = | 25000 Ha |
| Preço do Mercado | P1 = | 0,1 |
| Bens e Serviços | P2 = | 0,3 |
| Preço dos Combustíveis | P3 = | 1 |
| Madeira (floresta) | W = | 402 kg/Ha |
| Bens Imóveis (cidade) | A = | 1,60E+08 \$ |
| Toras (estoques) | L = | 200000 Tons |
| População (números) | N = | 60000 Pessoas |
| População perimetral | OP = | 6000 Pessoas |
| Dinheiro | M = | 4450000 \$ |

COEFICIENTES

| Fluxo | Equação | Valor | Coeficiente | Valor |
|-------|-----------------------------------------|----------|-------------|----------|
| J0 | $J0 = K0 \cdot R \cdot W =$ | 0,95 | K0= | 4,73E-02 |
| J1 | $J1 = K1 \cdot R \cdot W =$ | 4,02 | K1= | 2,00E-01 |
| J2 | $J2 = K2 \cdot W =$ | 4,02 | K2= | 1,00E-02 |
| J3 | $J3 = K3 \cdot W \cdot (A/C) =$ | 8 | K3= | 3,11E-06 |
| J4 | $J4 = K4 \cdot (A/C) \cdot C \cdot W =$ | 200000 | K4= | 3,11E-06 |
| J5 | $J5 = K5 \cdot L =$ | 20000 | K5= | 1,00E-01 |
| J6 | $J6 = K6 \cdot L \cdot N =$ | 180000 | K6= | 1,50E-05 |
| J7 | $J7 = K7 \cdot L \cdot N =$ | 1,78E+07 | K7= | 1,48E-03 |
| J9 | $J9 = K9 \cdot A \cdot N =$ | 2,50E+06 | K9= | 2,60E-07 |
| J10 | $J10 = K10 \cdot N \cdot A =$ | 1800 | K10= | 3,00E-02 |
| J11 | $J11 = K11 \cdot N =$ | 1200 | K11= | 2,00E-02 |
| J12 | $J12 = K12 \cdot N =$ | 600 | K12= | 1,00E-02 |
| J13 | $J13 = K13 \cdot OP =$ | 600 | K13= | 1,00E-01 |
| J14 | $J14 = K14 \cdot M =$ | 3,16E+06 | K14= | 7,10E-01 |
| J15 | $J15 = K15 \cdot W \cdot A \cdot C =$ | 500000 | K15= | 3,11E-10 |
| J16 | $J16 = K16 \cdot W \cdot (A/C) =$ | 1768,7 | K16= | 0,001 |
| J18 | $J18 = K18 \cdot A =$ | 1,60E+07 | K18= | 0,10 |
| J19 | $J19 = K19 \cdot M =$ | 1,42E+07 | K19= | 3,20E+00 |
| J20 | $J20 = K20 \cdot M / P2 =$ | 3,16E+06 | K20= | 2,13E-01 |
| J21 | $J21 = K21 \cdot C \cdot P3 \cdot JF =$ | 4,00E+05 | K21= | 9,05E-03 |

10 Table 12

16
20 ITACOATIARA PLYWOOD INDUSTRY AND POPULATION MODEL
25 energy calculations

30 CLS

40 SCREEN 1, 0: COLOR 0, 0

50 LINE (0, 0)-(319, 180), 3, B

55 LINE (0, 80)-(319, 180), 3, B

60

70 I = 1

80 R = .05

90 JM = 1

100 SCALING FACTORS

110

120 DT = .1

130 TO = .1

150 WO = 10

160 AO = 2000000

170 MO = 100000

180 NO = 10000

190 LO = 20000

210

INITIAL STORAGE QUANTITIES

220

230 C = 25000!: land area Ha

240 W = 402!: Ton/Ha

250 A = 1.6E+08: assets - \$

260 M = 4450000! money pool

270 N = 60000!: population nos.

280 L = 200000!: tons

290

300 P1 = .1 price for finished plywood product

310 P2 = .3 price for incoming goods and services

320 P3 = 1 fuel price

330 F = 1: tons

340 OP = 6000! people

350 G = 3000! goods & services

360

370 COEFFICIENTS

380

390 K0 = .0473: energy entering in forest system

400 K1 = .2: energy entering in wood storage

410 K2 = .01: energy lost by wood storage

420 K3 = .00000311#: energy entering multiplier

430 K4 = 3.11E-06: energy entering LOG stock

440 K5 = .1: log storage depreciation

450 K6 = .000015 energy entering town multiplier

460 K7 = .00148: processed timber to outside markets

470 K8 = 0: money depreciation

480 K9 = 2.6E-07: assets to multiplier

490 K10 = .03: population birth rate

500 K11 = .02: population death rate

510 K12 = .01: population emigrating

520 K13 = .1: outside population pressure

530 K14 = .71: goods & services to assets

540 K15 = 3.11E-10: assets to cutting

545 K16 = .001: fuel to cutting

546 K18 = .1: assets depreciation

550 K19 = 3.2: MONEY TO SOUTH

560 K20 = .213: inflow of assets

565 K21 = .00905: outflow of dollars to purchased fuels

566 Table 12 (continued)

567
 570 SETTING COMPONENTS GRAPHICS
 580
 590 PSET (T / TO, 80 - L / LO), 3: ' sawn timber stock YELLOW
 600 PSET (T / TO, 180 - A / AO), 1: ' ASSETS GREEN
 610 PSET (T / TO, 180 - M / MO), 2: ' money pool RED
 620 PSET (T / TO, 180 - N / NO), 3: ' population numbers BROWN
 630 PSET (T / TO, 80 - W / WO), 1: ' wood GREEN

631
 650 EQUATIONS
 670 $R = I / (1 + KO * W)$
 720 $JF = K16 * W * (A / C)$
 730 $DW = K1 * R * W - K3 * W * A / C - K2 * W$
 740 $DL = K4 * W * (A / C) * C + 1.5 * (K4 * W * (A / C) * C) - K5 * L - K6 * I$
 N
 750 $DA = K20 * M / P2 - K9 * A * N - K15 * A * C * W - K18 * A$
 760 $DM = P1 * K7 * L * N - K21 * C * P3 * JF - K14 * M + JM - K19 * M$
 770 $DN = K10 * N + K13 * OP - K11 * N - K12 * N$
 800 $W = W + DW * DT$
 810 IF W < 0 THEN W = 0
 820 $A = A + DA * DT$
 830 IF A < 0 THEN A = 0
 840 $M = M + DM * DT$
 850 IF M < 0 THEN M = 0
 855 IF M > 3.2E+07 THEN M = 3.2E+07
 860 $L = L + DL * DT$
 870 IF L < 0 THEN L = 0
 880 $N = N + DN * DT$
 890 IF N < 0 THEN N = 0
 900

910 REITERATIONS
 920
 925 PRINT R
 930 $T = T + DT$
 940 IF T / TO < 319 GOTO 590

Resultados da simulação usando fluxos de energia

Padrões gerais

Assumindo que os dados disponíveis para as componentes sistêmicas sejam corretos, o modelo descreve uma situação de uma economia de "ascensão e queda". A Figura 18 traça W (Estoque Florestal de Madeira), L (Estoque Industrial de Toras), no quadro superior, e A (Estoque de Bens da Cidade), M (Estoque de Dinheiro), N (População) no quadro inferior, por um período de 32 anos; A Tabela 13 resume os resultados por diferentes períodos de tempo.

Nos primeiros dois anos o estoque de toras aumenta (392.646 tons, para L, Tabela 13), seguido por uma alta no retorno de capitais (\$ 769.300, para M, Tabela 13). Isto baixa consideravelmente o estoque florestal de madeira (de 402 t/ha, de biomassa acima e abaixo do solo, para 387,96 t/ha, para W, Tabela 13) que atinge seu ponto mais baixo após 32 anos de exploração (351,77 t/ha, W, Tabela 13) e então inicia a recuperação devido à regeneração natural e à falta de bens para ser investidos nas atividades de extração.

Também, como a depreciação dos bens os diminui à taxa de 10% ao ano, o estoque de toras diminui mais de 30% entre o quarto e o oitavo ano, e 2/3 entre o oitavo e o 16º ano, chegando a 9.058 toneladas após 32 anos (Tabela 13).

O estoque de dinheiro diminui rapidamente do valor inicial de \$ 4,5 milhões a \$ 686.800 após o primeiro ano, aumenta para seu climax após 2 anos, a \$

351.7745
3846822
79140

9057.612
24747.9

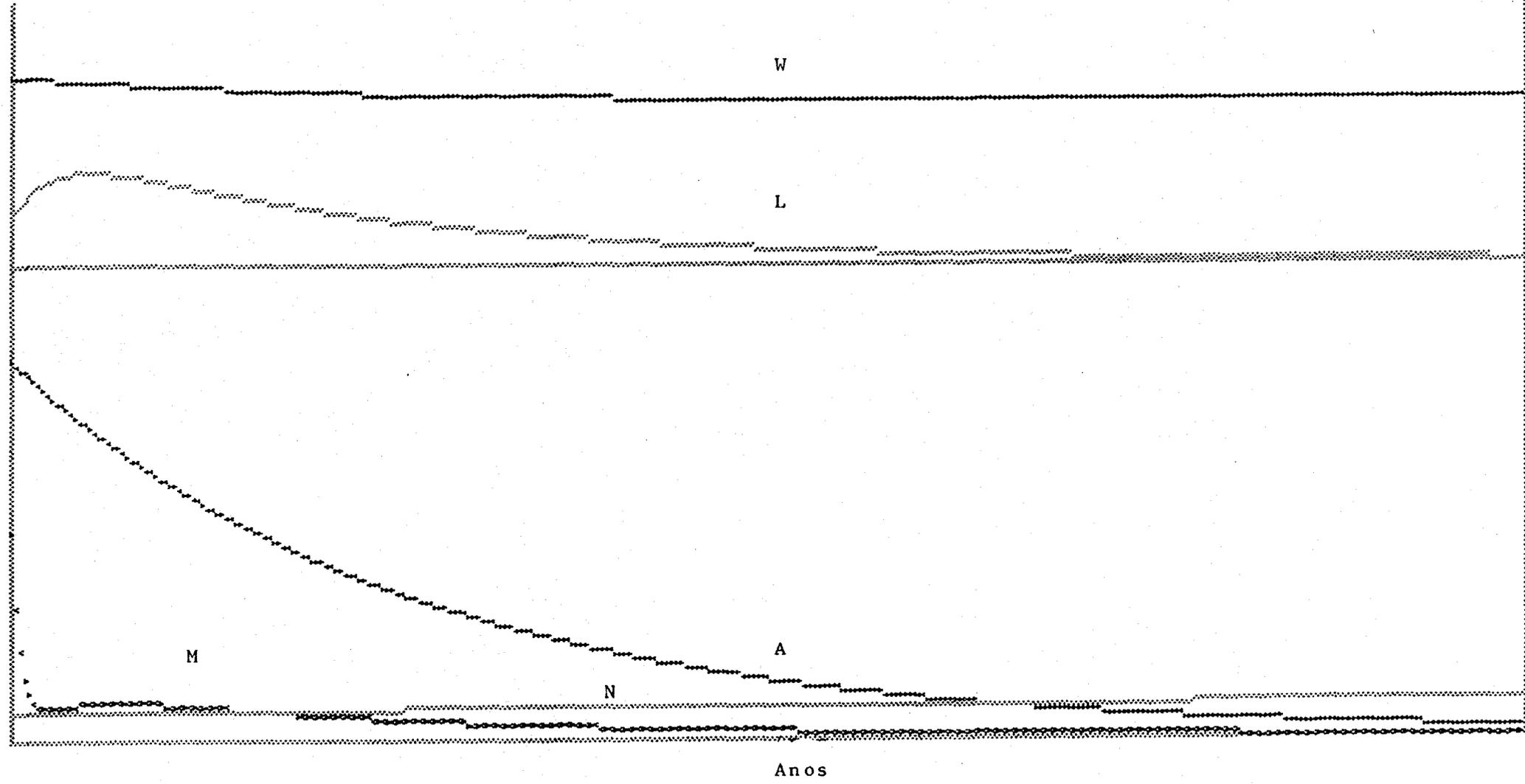


Figura 18 - Resultado da simulação energética.

Tabela 13 - Resultados da Simulação energética.

| Fator Tempo (anos) | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TO | 0,003125 | 0,00625 | 0,0125 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 |
| Estoque Madeira (Floresta)-T/ha | 394,47 | 387,96 | 377,42 | 363,58 | 352,09 | 351,77 | 357,67 | 363,69 | 368,98 |
| Estoque de Toras - T/ano | 372775 | 392646 | 325446 | 191972 | 67811 | 9058 | 1189 | 152 | 19 |
| Bens Imóveis da Cidade - \$ | 1,430E+08 | 1,274E+08 | 1,012E+08 | 6,384E+07 | 2,519E+07 | 3,847E+06 | 5,577E+05 | 7,769E+04 | 1,053E+04 |
| Estoque de Capital Financeiro-\$ | 6,868E+05 | 7,903E+05 | 6,996E+05 | 4,307E+05 | 1,631E+05 | 2,475E+04 | 3,65E+03 | 516 | 71 |
| Número de habitantes | 60600 | 61200 | 62400 | 64800 | 69600 | 79140 | 88740 | 98340 | 107880 |

790.300, e então definha-se, para nunca se reestabelecer (\$ 71 após 80 anos, M, Tabela 13).

A população aumenta gradualmente devido às taxas constantes de nascimento, mortalidade, emigração e imigração.

Alterando as presentes taxas de fluxo

Pressão populacional externa

Um aumento de 5 vezes na pressão da população externa (o coeficiente K_{13} vai de 0,1 para 0,5 - Tabela 14) tem um efeito negativo sobre o dinheiro (M vai de \$ 24.748 a \$ 18.250 - Tabela 14) e sobre o estoque de bens (A vai de \$ 3,847 milhões para \$ 2,8 milhões). Isto reduz o estoque de toras de um terço (L, de 9.058 t a 3.376 t) e tem um impacto menor no estoque florestal de madeira (W vai de 351,77 t/ha a 353,37 t/ha). O resultado é uma população humana cada vez mais empobrecida. O aumento da pressão populacional externa para 10 e 20 vezes tem, proporcionalmente, o mesmo efeito.

Emigração

Uma diminuição na população, causada pelo dobro da taxa de emigração (o coeficiente de emigração, K_{12} , vai de 0,01 a 0,02), resulta numa maior disponibilidade de bens e dinheiro (\$ 5,485 milhões e \$ 27.612, respectivamente, Tabela 14), o que aumenta o estoque de toras (12.816 t, do original de 9.058 t, para 32 anos, Tabela 14) e baixa levemente o estoque florestal de madeira (de

Tabela 14 - Resultados da Simulação energética.

| Pressão Populacional Externa | | | | | |
|------------------------------|--------|--------|------|-----------|-------|
| k13 | N | W | L | A | M |
| 0,1 | 79140 | 351,77 | 9058 | 3,847E+06 | 24748 |
| 0,5 | 155700 | 353,37 | 3376 | 2,800E+06 | 18250 |
| 1 | 251400 | 355,15 | 1407 | 1,877E+06 | 12358 |
| 2 | 442800 | 358,09 | 360 | 8,414E+05 | 5646 |

| Emigração | | | | | |
|-----------|-------|--------|--------|-----------|-------|
| k12 | N | W | L | A | M |
| 0,01 | 79140 | 351,77 | 9058 | 3,847E+06 | 24748 |
| 0,02 | 60000 | 351,35 | 12816 | 4,161E+06 | 26489 |
| 0,1 | 9649 | 349,19 | 85833 | 5,485E+06 | 27612 |
| 1 | 606 | 347,18 | 466389 | 5,893E+06 | 6046 |

| Taxa de Nascimento (População) | | | | | |
|--------------------------------|-------|--------|-------|-----------|-------|
| k10 | N | W | L | A | M |
| 0,03 | 79140 | 351,77 | 9058 | 3,847E+06 | 24748 |
| 0,015 | 52390 | 351,15 | 15095 | 4,303E+06 | 27210 |
| 0 | 35340 | 350,62 | 23746 | 4,670E+06 | 28761 |

| Preço dos Combustíveis | | | | | |
|------------------------|-------|--------|------|-----------|-------|
| P3 | N | W | L | A | M |
| 1 | 79140 | 351,77 | 9058 | 3,847E+06 | 24748 |
| 2 | 79140 | 352,01 | 8894 | 3,773E+06 | 21137 |
| 4 | 79140 | 352,47 | 8576 | 3,629E+06 | 14284 |
| 8 | 79140 | 353,33 | 7980 | 3,362E+06 | 1971 |
| 0,5 | 79140 | 351,66 | 9140 | 3,884E+06 | 26601 |
| 0,25 | 79140 | 351,6 | 9182 | 3,903E+06 | 27539 |
| 0,1 | 79140 | 351,56 | 9207 | 3,914E+06 | 28106 |

| Área de Extração (Ha) | | | | | |
|-----------------------|-------|--------|------|-----------|-------|
| C | N | W | L | A | M |
| 25000 | 79140 | 351,77 | 9058 | 3,847E+06 | 24748 |
| 50000 | 79140 | 376,45 | 8867 | 3,509E+06 | 24257 |
| 100000 | 79140 | 389,55 | 7581 | 2,884E+06 | 20789 |
| 200000 | 79140 | 396,23 | 5228 | 1,934E+06 | 14402 |
| 10000 | 79140 | 288,86 | 7707 | 3,994E+06 | 21037 |
| 5000 | 79140 | 212,69 | 5611 | 3,959E+06 | 15301 |
| 1000 | 79140 | 42,63 | 1024 | 3,722E+06 | 2755 |

| Preço do Compensado (\$) | | | | | |
|--------------------------|-------|--------|--------|-----------|----------|
| P1 | N | W | L | A | M |
| 0,1 | 79140 | 351,77 | 9058 | 3,847E+06 | 24748 |
| 0,2 | 79140 | 349,83 | 10556 | 4,528E+06 | 61351 |
| 0,4 | 79140 | 345,6 | 14198 | 6,216E+06 | 169628 |
| 1 | 79140 | 329,77 | 31942 | 1,498E+07 | 964463 |
| 10 | 79140 | 219,72 | 252256 | 1,866E+08 | 3,20E+07 |
| 0,05 | 79140 | 352,71 | 8380 | 3,542E+06 | 9967 |
| 0,01 | 79140 | 353,4 | 7888 | 3,321E+06 | 0 |

351,77 a 351,35 t/ha). Esta tendência é confirmada quando um maior número de pessoas emigra ($K_{12} = 0,1$). A hipótese improvável de toda a população emigrar ($K_{12} = 1$), deixando apenas 606 pessoas, reduz a cidade a um acampamento, onde moram apenas os trabalhadores, funcionando como uma unidade mínima de extração e processamento de madeira. O estoque de bens é alto, quase todo o dinheiro se foi, mas o estoque de toras chegou ao seu valor máximo de 466.380 toneladas, e os estoques florestais de madeira chegaram ao seu valor mais baixo de 347,18 t/ha.

Taxa de nascimento da população

Uma taxa de nascimento mais baixa tem o mesmo efeito do que uma maior emigração, aumenta os estoques de bens e capitais, incrementando o estoque de toras e diminuindo o estoque florestal de madeira (Tabela 14, K_{10} - Taxa de nascimento).

Preço dos combustíveis

Um aumento nos preços dos combustíveis diminui os estoques de bens e capital, diminui o estoque de toras e aumenta o estoque florestal de madeira. Uma queda nos preços de combustíveis tem o efeito oposto, embora o estoque florestal de madeira estabilize-se ao redor de 351,5 t/ha (Tabela 14 - P3: Preço dos combustíveis).

Preço do compensado

Como era esperado, aumentos nos preços pagos para o compensado pelos mercados externos aumenta os estoques de bens, capitais e de toras, diminuindo

grandemente o estoque florestal de madeira. Uma diminuição no preço tem o efeito oposto (Tabela 14 - Pl; Preço do compensado).

Área de extração

Um aumento na área de extração significa que a indústria perde bens e dinheiro por causa dos custos de transportes e infraestruturas. Significa também menores estoques de toras e um menor impacto no estoque florestal de madeira. Uma diminuição na área de extração produz um aumento nos estoques de bens e capitais, e de toras, e um maior impacto no estoque florestal de madeira (Tabela 14 - C: Área de extração).

Modelo de simulação usando fluxos de eMergia

As transformidades e as eMergias podem ser calculadas dentro de um minimodelo macroscópico adicionando equações idôneas. Os valores para as eMergias podem ser resumidos graficamente como as outras variáveis. O modelo calcula estes valores na base dos fluxos e estoques de matéria e/ou energia (Odum e Odum, 1989). Um modelo eMergético de simulação não pode ser calibrado na base da eMergia, pois apenas a energia ou a matéria seguem as leis da conservação de energia e matéria, onde os influxos de matéria ou energia devem ser iguais às quantias que saem do sistema. A eMergia é, porém, uma tabulação daquilo que foi processado em se fazer o produto e ela não é reduzida pela necessária dispersão de energia ou pela matéria produzida (Odum e Odum, 1989). A eMergia pode ser registrada para cada estoque dos componentes e as transformidades podem ser calculadas computando a eMergia a cada passo da simulação. No modelo, as designações para os fluxos eMergéticos iniciam com E (isto é: ES, EP, EY, etc.) e as designações para as transformidades solares iniciam com TR (isto é: TRS, TRP, TRY, etc.).

Como o modelo de Itacoatiara já foi calibrado para simulação em unidades de joules ou de matéria, as equações para os cálculos eMergéticos foram adicionadas. As transformidades foram multiplicadas pelos seus fluxos correspondentes. A eMergia em cada estoque é a soma integrada dos inputs dos fluxos emergéticos menos suas saídas (outflows). A dispersão da energia e a depreciação, ambas essenciais dentro do sistema, não retiram valores eMergéticos. Quando um estoque eMergético não é aplicado a mais transformações, e não é então útil, há uma perda de eMergia pela dispersão da energia e a depreciação

daquele estoque. Quando um estoque é parte essencial do próximo passo de transformação a sua eMergia é transmitida adiante com uma transformidade maior, causada pela dispersão e a degradação necessárias ao processo de transformação. As transformidades aumentam na medida em que mais valores eMergéticos são adicionados. A cada iteração, a transformidade de uma quantidade estocada é calculada dividindo o total eMergético daquele estoque pelo seu estoque de energia. A Figura 17 ilustra o modelo eMergético, a Tabela 15 descreve o programa de computação e a Figura 19 mostra o resultado graficamente.

10 Table 15
 16
 20 ITACOATIARA'S PLYWOOD INDUSTRY AND POPULATION MODEL
 26 eMergy calculations
 29

30 CLS
 40 SCREEN 1, 0: COLOR 0, 0
 50 LINE (0, 0)-(319, 180), 3, B
 55 LINE (0, 80)-(319, 180), 3, B
 60
 70 I = 1
 80 R = .1
 90 JM = 1

100 SCALING FACTORS

110
 120 DT = .1
 130 TO = .1
 150 WO = 10
 160 AO = 2000000
 170 MO = 1000000
 180 NO = 10000
 190 LO = 20000
 200 TRWO = 100000
 210 TRLO = 10000000
 220 TRAO = 10000#
 230 TRMO = 100000000000#
 240 TRNO = 100000#

250 INITIAL STORAGE QUANTITIES

270
 290
 300 = 25000! : land area Ha
 310 = 402! : Ton/Ha
 320 = 1.6E+08 : assets - \$
 330 = 4450000! : money pool
 340 = 60000! : population nos.
 350 = 200000! : tons
 360
 370 P1 = .1 : price of finished plywood product
 380 P2 = .3 : price of incoming goods & services
 390 P3 = 1 : fuel price
 400 F = 1 : tons
 410 OP = 6000! : people
 420 G = 3000! : goods & services
 430

440 TRANSFORMITIES

450
 460 TRS = 1
 470 TRY = 4E+08
 480 TRG = 4030000!
 490 TRJ = 6.08E+12
 500 TRVV = 6.08E+12
 510 TROP = 4030000!
 520 TRLL = 6E+08
 530 TRW = 4E+08
 532

550 COEFFICIENTS

560
 570 K0 = .0473 : energy entering in forest system
 580 K1 = .2 : energy entering in wood storage
 590 K2 = .01 : energy lost by wood storage
 600 K3 = .00000311# : energy entering multiplier
 610 K4 = .00000311# : energy entering LOG stock
 620 K5 = .1 : log storage depreciation
 630 K6 = .000015 : energy entering town multiplier
 640 K7 = .0148 : processed timber to outside markets
 650 K8 = 0 : money depreciation
 660 K9 = 2.6E-07 : assets to multiplier
 670 K10 = .03 : population birth rate
 680 K11 = .02 : population death rate
 690 K12 = .01 : population emigrating
 700 K13 = .1 : outside population pressure
 710 K14 = .71 : goods & services to assets
 720 K15 = 3.11E-10 : assets to cutting
 730 K16 = .001 : fuel to cutting
 740 K18 = .1 : assets depreciation
 750 K19 = 3.2 : MONEY TO SOUTH
 760 K20 = .213 : inflow of assets
 770 K21 = .00905 : outflow of dollars to purchased fuels

800 SETTING COMPONENTS GRAPHICS

111

810
 820 PSET (T / TO, 80 - TRL / TRLO), 3: : sawn timber stock YELLOW
 830 PSET (T / TO, 180 - TRA / TRAO), 1: : assets GREEN
 840 PSET (T / TO, 180 - TRM / TRMO), 2: : money pool RED
 850 PSET (T / TO, 180 - TRN / TRNO), 3: : population numbers BROWN
 860 PSET (T / TO, 80 - TRW / TRWO), 1: : wood GREEN

870 EQUATIONS

880
 890
 900 $R = I / (1 + K0 * W)$
 910 $JF = K16 * W * (A / C)$
 920 $DW = K1 * R * W - K3 * W * A / C - K2 * W$
 930 $DEW = EP - EY$
 940 $EW = EW + DEW * DT$
 950 $TRW = EW / W$
 960 $DL = K4 * W * (A / C) * C + 1.5 * (K4 * W * (A / C) * C) - K5 * L - K6 * L$
 970 $DEL = ELL - EX$
 980 $EL = EL + DEL * DT$
 990 $TRL = EL / L$
 1000 $DA = K20 * M / P2 - K9 * A * N - K15 * A * C * W - K18 * A$
 1010 $DEA = EZ - EB - ER$
 1020 $EA = EA + DEA * DT$
 1030 $TRA = EA / A$
 1040 $DM = P1 * K7 * L * N - K21 * C * P3 * JF - K14 * M + JM - K19 * M$
 1050 $DEM = EJ + EVV - EI - EMM - EFP$
 1060 $EM = EM + DEM * DT$
 1070 $TRM = EM / M$
 1090 $DN = K10 * N + K13 * OP - K11 * N - K12 * N$
 1100 $DEN = EQ + EG - EE$
 1110 $EN = EN + DEN * DT$
 1120 $TRN = EN / N$
 1130 $W = W + DW * DT$
 1140 IF W < 0 THEN W = 0
 1150 $A = A + DA * DT$
 1160 IF A < 0 THEN A = 0
 1170 $M = M + DM * DT$
 1180 IF M < 0 THEN M = 0
 1190 IF M > 3.2E+07 THEN M = 3.2E+07
 1200 $L = L + DL * DT$
 1210 IF L < 0 THEN L = 0
 1220 $N = N + DN * DT$
 1230 IF N < 0 THEN N = 0
 1240 $ES = TRS * (K0 * R * W)$
 1250 $EP = TRP * (K1 * R * W)$
 1255 $EY = TRW * (K3 * W)$
 1260 $EW = TRY * (K3 * W * A / C)$
 1265 $TRP = ES / (K1 * R * W)$
 1270 $ELL = TRLL * ((K4 * W * (A / C) * C) + (1.5 * (K4 * W * (A / C) * C))$
 1280 $EX = TRL * (K6 * L * N)$
 1290 $EV = TRL * (K7 * P1 * L * N)$
 1300 $EE = TRN * (K12 * N)$
 1310 $EG = TRN * (K10 * N)$
 1320 $EB = TRA * (K9 * A * N)$
 1340 $EZ = TRG * (K20 * M / P2)$
 1350 $ER = TRA * (K15 * A * C * N)$
 1360 $EJ = TRJ * (JM)$
 1370 $EI = TRM * (K19 * M)$
 1380 $EFP = TRM * (K21 * C * P3 * JF)$
 1390 $EMM = TRM * (K14 * M)$
 1400 $EVV = TRVV * (P1 * K7 * L * N)$
 1410 $EQ = TROP * (K13 * OP)$
 1420

1450 REITERATIONS

1460
 1470 T = T + DT
 1480 IF T / TO < 319 GOTO 820

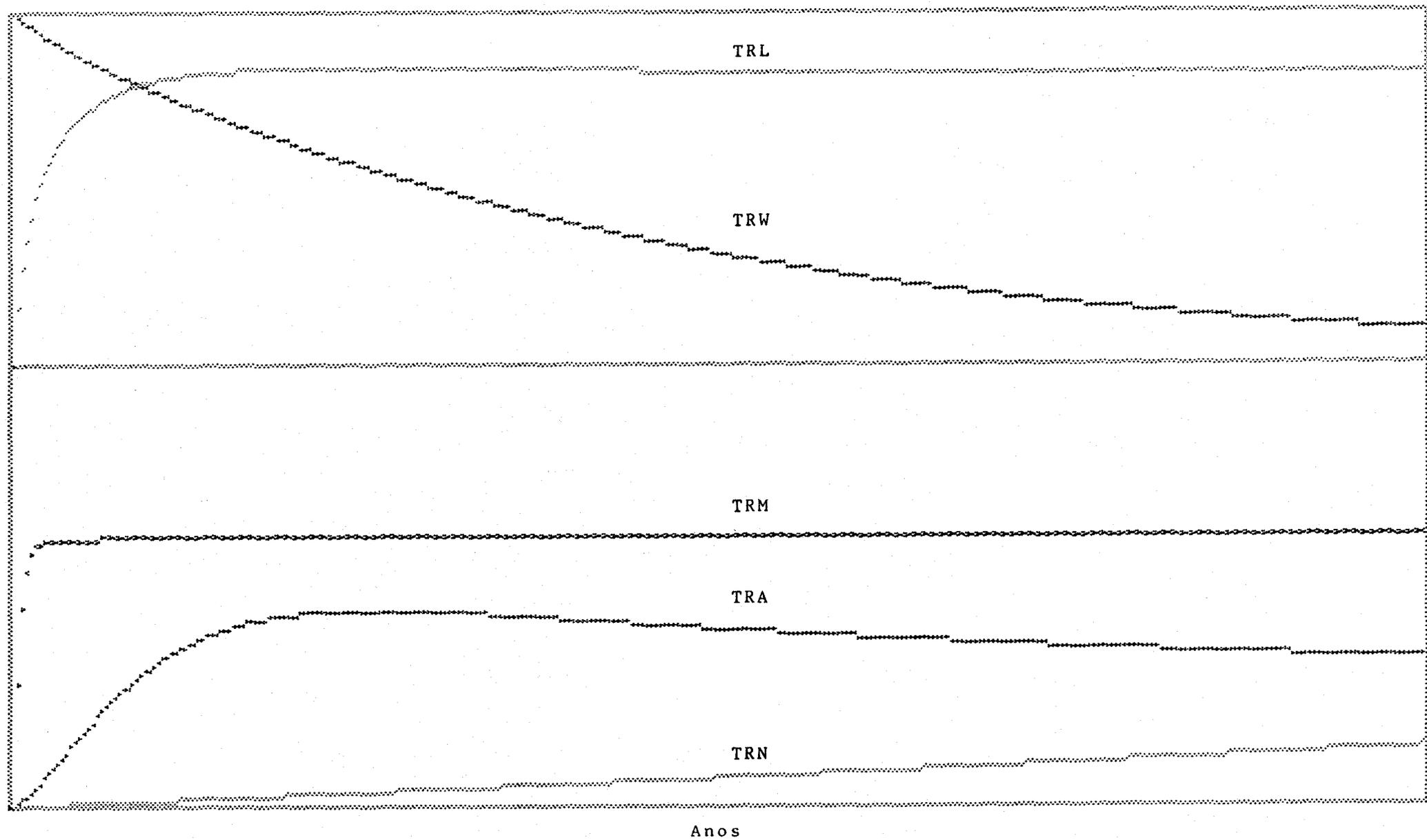


Figura 19 - Resultado da simulação eMergética.

Resultados da simulação para fluxos de energia

Padrões gerais

Na medida em que o estoque florestal de madeira está sendo esvaziado, a transformidade para o estoque declina gradativamente (de 7,321 E6 sej/J, no ano 1, para 1,615 E4 sej/J, no ano 80; Tabela 16). A transformidade das toras atinge um máximo no oitavo ano (TRL de 6,689 E8 sej/J; Tabela 16), ficando atrás do pique de estoque de toras, que acontece entre o segundo e o quarto ano ($L = 372,775$ e $392,46$ t/ha respectivamente; Tabela 13), e então se estabiliza ao redor de 6,6 E8 sej/J, para cair levemente até 6,396 E8 sej/J, após 80 anos.

A transformidade do estoque de bens tem seu pique no oitavo ano (TRA de 4,432 E5 sej/J; Tabela 16), acompanhando a transformidade das toras e então diminui, pois os bens estão se depreciando (10% ao ano). A transformidade da população aumenta devido ao aumento populacional.

O resultado mais importante é a marcante perda na transformidade do estoque florestal de madeira.

Tabela 16 - Resultados da Simulação eMergética.

| Fator Tempo (anos) | | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| T0 | | 0,003125 | 0,00625 | 0,0125 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 |
| ESTOQUES | (Transformidades em sej/J) | | | | | | | | | |
| TRW | Transformidade do Estoque Florestal | 7,321E+06 | 6,780E+06 | 5,908E+06 | 4,488E+06 | 2,520E+06 | 7,512E+05 | 2,133E+05 | 5,909E+04 | 1,615E+04 |
| TRL | Transformidade do Estoque de Toras | 4,790E+08 | 5,904E+08 | 6,552E+08 | 6,689E+08 | 6,639E+08 | 6,553E+08 | 6,488E+08 | 6,437E+08 | 6,396E+08 |
| TRA | Transformidade dos Bens da Cidade | 8,830E+04 | 2,050E+05 | 3,644E+05 | 4,432E+05 | 4,028E+05 | 3,355E+05 | 2,986E+05 | 2,728E+05 | 2,524E+05 |
| TRM | Transformidade do Estoque de Capital | 5,994E+12 | 6,050E+12 | 6,077E+12 | 6,080E+12 | 6,080E+12 | 6,080E+12 | 6,08038E+12 | 6,08039E+12 | 6,08042E+12 |
| TRN | Transformidade Populacional | 3,62E+04 | 6,650E+04 | 1,572E+05 | 3,193E+05 | 6,502E+05 | 1,358E+06 | 2,181E+06 | 3,173E+06 | 4,394E+06 |

Alterando as presentes taxas de fluxos

Pressão populacional externa - Um aumento na pressão populacional externa diminui todas as transformidades, menos as do dinheiro e da população. Dobrando o influxo populacional, diminui-se a transformidade do estoque florestal de madeira de 7,512 E5 para 5,714 E5 sej/J, a transformidade do estoque de toras de 6,553 E8 para 6,276 E8 sej/J e a transformidade do estoque de bens, com uma redução de 50%, de 3,355 E5 para 1,677 E5 sej/J (Tabela 17). A transformidade do estoque de dinheiro aumenta levemente de 6,0804 E12 para 6,0807 E12 sej/\$ e a transformidade populacional de 1,358 E6 para 3,456 E6 sej/J (Tabela 17). Um aumento adicional na pressão populacional externa (K13 de 1 e 2) dá o mesmo resultado.

Emigração - A emigração tem o efeito oposto do influxo populacional. Todas as transformidades aumentam com exceção das do dinheiro que diminui levemente (de 6,084 E12 sej/\$ com 1% de emigração, para $K12 = 0,01$, para 6,078 E12 sej/\$, para $K12 = 1$; Tabela 17).

Com 10% da população emigrando, a transformidade para o estoque florestal aumenta para 8,267 E5 sej/J, a transformidade para o estoque de toras quase dobra para 1,021 E9 sej/J e a transformidade do estoque de bens pula quase uma ordem de magnitude para 2,484 E6 sej/J. A transformidade do dinheiro declina muito levemente, de 6,0803 E12 para 6,0802 E12 sej/\$.

Quando toda população emigra, deixando apenas 606 pessoas (ver tabela 14), o estoque de bens é alto e pouco usado pela população, sendo todo usado para

Tabela 17 - Resultados da Simulação eMergética.

| Pressão Populacional Externa | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| k13 | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
| 0,1 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,0804E+12 | 1,358E+06 |
| 0,5 | 5,714E+05 | 6,276E+08 | 1,677E+05 | 6,0807E+12 | 3,456E+06 |
| 1 | 3,952E+05 | 6,170E+08 | 1,036E+05 | 6,0812E+12 | 4,285E+06 |
| 2 | 1,848E+05 | 6,097E+08 | 5,969E+04 | 6,0828E+12 | 4,868E+06 |
| Emigração | | | | | |
| k12 | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
| 0,01 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,0804E+12 | 1,358E+06 |
| 0,02 | 7,965E+05 | 6,731E+08 | 4,432E+05 | 6,0803E+12 | 1,507E+06 |
| 0,1 | 8,267E+05 | 1,021E+09 | 2,484E+06 | 6,0802E+12 | 3,198E+06 |
| 1 | 3,717E+05 | 3,923E+09 | 5,416E+06 | 6,0778E+12 | 4,113E+06 |
| Taxa de Nascimentos (População) | | | | | |
| k10 | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
| 0,03 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,0804E+12 | 1,358E+06 |
| 0,015 | 8,147E+05 | 6,837E+08 | 5,075E+05 | 6,0803E+12 | 1,590E+06 |
| 0 | 8,524E+05 | 7,236E+08 | 7,486E+05 | 6,0803E+12 | 1,863E+06 |
| Preço dos Combustíveis | | | | | |
| P3 | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
| 1 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,0804E+12 | 1,358E+06 |
| 2 | 7,387E+05 | 6,553E+08 | 3,322E+05 | 6,0798E+12 | 1,358E+06 |
| 4 | 7,143E+05 | 6,554E+08 | 3,258E+05 | 6,0786E+12 | 1,358E+06 |
| 8 | 6,676E+05 | 6,555E+08 | 3,127E+05 | 6,0762E+12 | 1,358E+06 |
| 0,5 | 7,575E+05 | 6,553E+08 | 3,371E+05 | 6,0807E+12 | 1,358E+06 |
| 0,25 | 7,607E+05 | 6,553E+08 | 3,379E+05 | 6,0808E+12 | 1,358E+06 |
| 0,01 | 7,626E+05 | 6,553E+08 | 3,383E+05 | 6,0809E+12 | 1,358E+06 |
| Preço do Compensado (\$) | | | | | |
| P1 | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
| 0,1 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,0804E+12 | 1,358E+06 |
| 0,2 | 2,576E+06 | 6,535E+08 | 5,441E+05 | 6,0802E+12 | 1,358E+06 |
| 0,4 | 9,197E+06 | 6,520E+08 | 7,644E+05 | 6,0798E+12 | 1,358E+06 |
| 1 | 9,285E+06 | 6,520E+08 | 7,812E+05 | 1,4373E+12 | 1,358E+06 |
| 10 | 9,286E+06 | 6,520E+08 | 7,812E+05 | 1,4366E+12 | 1,358E+06 |
| 0,05 | 3,644E+05 | 6,566E+08 | 1,840E+05 | 6,0801E+12 | 1,358E+06 |
| 0,01 | 1,937E+05 | 6,580E+08 | 3,631E+04 | 6,0736E+12 | 1,358E+06 |
| Área de Extração (Ha) | | | | | |
| C | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
| 25000 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,0838E+12 | 1,358E+06 |
| 50000 | 3,794E+05 | 6,552E+08 | 1,740E+05 | 6,0834E+12 | 1,358E+06 |
| 100000 | 1,667E+05 | 6,554E+08 | 8,964E+04 | 6,0804E+12 | 1,358E+06 |
| 200000 | 5,865E+04 | 6,560E+08 | 4,601E+04 | 6,0806E+12 | 1,358E+06 |
| 10000 | 1,536E+06 | 6,558E+08 | 8,467E+05 | 6,0806E+12 | 1,358E+06 |
| 5000 | 2,315E+06 | 6,562E+08 | 2,043E+06 | 6,0807E+12 | 1,358E+06 |
| 1000 | 5,772E+06 | 6,545E+08 | 6,038E+06 | 6,0801E+12 | 1,358E+06 |

aumentar grandemente o estoque de toras (uma transformidade mais alta de 7,236 E8 sej/J; Tabela 17), causando um grande esvaziamento dos recursos naturais (a transformidade do estoque florestal de madeira, TRW, chega a um valor baixo de 3,717 E5 sej/J; Tabela 17). A transformidade da população estabiliza-se a 4,113 E6 sej/J.

Taxa de nascimento - Uma diminuição na taxa de nascimento tem um efeito parecido ao da emigração, embora com bem menores aumentos nas transformidades. A transformidade para o dinheiro continua a diminuir levemente, precisa-se mais dinheiro para comprar menos valor (Tabela 17). Com uma população menor tem-se um maior estoque de toras que permanece acumulado por um período maior, diminuindo o esvaziamento do estoque florestal de madeira, aumentando assim sua transformidade (de 7,512 E5 sej/J, para uma taxa de nascimento de 3%, $K_{10} = 0,03$, até 8,524 E5 sej/J, para taxa de nascimento zero, $K_{10} = 0$; Tabela 17).

Preço dos combustíveis - Um aumento de 8 vezes nos preços dos combustíveis diminui a transformidade dos bens da original de 3,355 E5 sej/J a 3,127 E5 sej/J (Tabela 17), aumenta levemente a transformidade do estoque de toras, de 6,553 E8 para 6,555 E8 sej/J (Tabela 17), devido a custos de extração mais altos, e diminui a transformidade do dinheiro, de 6,084 E12 para 6,076 E12 sej/\$. A transformidade da população não é afetada. A transformidade do estoque florestal de madeira é diminuída, de 7,512 E5 para 6,676 E5 sej/J, devido às altas taxas de extração. Em geral, a diminuição dos preços de combustíveis não tem um tão grande efeito nas transformidades (ver Tabela 17 para preços de combustíveis, P3, de 0,5, 0,25, 0,1).

Preço do compensado - O aumento no preço do compensado aumenta grandemente a transformidade dos bens (3,355 E5 para 7,644 E5 sej/\$, por um aumento de 4 vezes, P1, de 0,1 a 0,4; Tabela 17). Este aumento é acompanhado por um aumento inicial maior na transformidade do dinheiro que cai para um valor menor do original (de 6,094 E12 sej/\$, com P1 = 0,1, para 6,079 E12 sej/\$, com P1 = 0,4; Tabela 17). Estes piques de dinheiro e bens causam um aumento na transformidade do estoque florestal de madeira (de 7,512 E5, pelo preço original do compensado, a 9,197 E6 sej/J para um aumento de preço de 4 vezes; Tabela 17). A transformidade do estoque de toras diminui (6,553 E8 para 6,52 E8 sej/J) por causa das maiores transformidades dos bens e do dinheiro. A transformidade populacional não é afetada. Uma diminuição nos preços do compensado tem o efeito oposto.

Área de extração - Aumentando a área de extração, aumenta-se a transformidade das toras (6,553 E8 para 6,560 E8 sej/J para um aumento de 8 vezes da área; Tabela 17), e reduz-se a transformidade do estoque de bens (3,355 E6 para 4,601 E4 sej/J para o mesmo aumento). Reduz-se também a transformidade do dinheiro e causa-se uma grande redução na transformidade do estoque florestal de madeira (7,512 E5 para 5,865 E4 sej/J). Uma redução na área explorada tem o efeito oposto.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Viu-se na discussão que o Brasil tinha uma perda de eMergia líquida no seu comércio exterior, e uma razão de Investimento por eMergia muito baixa quando comparada com outras nações. Assim, o Brasil tem ainda uma chance de aprender com os erros de outras nações e, com a ajuda de métodos de avaliação mais aprimorados, de equilibrar o desenvolvimento com um uso durável dos seus recursos naturais.

O Brasil é também um "provedor de recursos". Sua perda de eMergia líquida no comércio exterior, não é diretamente devida ao déficit no seu balanço de pagamentos, mas ao fato de que muito valor eMergético está sendo exportado em minérios, madeira e produtos da agricultura. O Brasil precisa rever seus termos comerciais de pagamento e os preços que cobra para seus produtos, colocando pressão nos mercados internacionais por negociações mais justas e assumindo, ao mesmo tempo, a obrigação moral de repor as contribuições da sua própria natureza.

Em Itacoatiara, a taxa de urbanização e o aumento populacional foram altos por causa da instalação da indústria de compensado. Aqui a indústria goza de uma grande vantagem sobre outras regiões do Brasil, pois a razão eMergia/dinheiro foi 2,18 vezes maior que aquela para o restante do país. Isto significa que para cada dólar investido em Itacoatiara, a indústria conseguiu o dobro do valor eMergético se comparada a indústrias em qualquer outra parte do país. Ao mesmo tempo, virtualmente todos os benefícios saíram dos limites da

cidade e as empresas não investiram suficientemente na estrutura da cidade.

O uso da Razão de Investimento por eMergia, como um indicador da intensidade de desenvolvimento, mostra que a Razão de Investimento para a extração de madeira é já 10 vezes maior daquela do Brasil como um todo (0,64/1 contra 0,064/1; Tabela 3, linha 22). A Razão Investimento por eMergia aumenta para o produto final, cerca de 24 vezes aquela do Brasil e, se a cidade inteira for considerada como a estrutura necessária à existência da indústria, a Razão pula para 364,37/1. Como isto é cerca de 50 vezes maior do que a razão média nos Estados Unidos, é uma indicação de que não é correto designar todos os bens da cidade para a indústria. Embora a estrutura urbana ampare a indústria e providencie a mão-de-obra, não se pode dizer que a indústria, por si só, seja responsável pela cidade. Assim, o processo de produção do compensado não pode ser visto como o usuário de todos os bens urbanos para o seu funcionamento. Se, porém, designa-se uma parte proporcional de todo o uso eMergético da cidade para sustentar a indústria, os cálculos eMergéticos confirmam esta relação de apoio.

Os resultados mostram que 24% da economia eMergética da cidade é representada pela indústria (página 69). Esta proporção pode ser adicionada ao uso eMergético da indústria como a contribuição da cidade para possibilitar seu funcionamento. Na Tabela 18, os cálculos das Razões de Produção por eMergia e do Investimento por eMergia, resultantes da adição de 24% da eMergia usada pela cidade à indústria, confirmam isto. A Razão de Produção por eMergia da indústria permanece a mesma: 1,65/1 (0,01 inferior àquela calculada na Tabela 7, Corte CC', de 1,66/1), o que significa que 24% é a proporção correta da contribuição eMergética da cidade à indústria; enquanto a Razão de Investimento por eMergia

Tabela 18 - Adição de 24% da eMergia usada na cidade à indústria

| | eMergia Solar (E18 sej/ano) | 24% de toda eMergia usada |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Total da contribuição eMergética ambiental à cidade (I, Tabela 8) | 1,05 | 0,25 |
| Total da contribuição eMergética ambiental à indústria (I, Tabela 7) | 93,77 | |
| Total da contribuição eMergética da cidade (F, Tabela 8) | 383,36 | 92,01 |
| Total da contribuição eMergética da indústria (F, Tabela 7) | 141,78 | |
| Total da eMergia ambiental recebida pela indústria (I) | 94,02 | |
| Total da eMergia contribuída pela indústria e pela cidade (Ft) | 233,79 | |
| RAZÕES | | |
| Razão Produção por eMergia = $Y / F t = 384,93 \text{ E18 sej/ano (Y, Tabela 7) / 233,79 \text{ E18 sej/ano} =$ | 1,646 | |
| Razão de Investimento por eMergia = $F t / I = 233,79 \text{ E18 sej/ano} / 94,02 \text{ E18 sej/ano} =$ | 2,487 | |

é 1,65 vezes superior (2,487/1, Tabela 18, contra a original de 1,51, na Tabela 7), pois os inputs eMergéticos têm sido aumentados pela contribuição adicionada da cidade. Lembrando que Razão de Produção por eMergia é a eMergia produzida dividida pelo retorno eMergético da economia, ela representa um índice útil para considerar se uma fonte é uma fonte primária de energia capaz de sustentar um maior peso da economia do que o dela mesma. O trabalho de Odum mostra que combustíveis não-renováveis como carvão, petróleo e gás natural, produziam 6 vezes mais do que era necessário para sua mineração e processamento. Razões de Produção por eMergia muito altas são obtidas quando as florestas são exploradas sem nenhum esforço para seu replantio (tão altas e até mais altas do que as dos combustíveis fósseis). Também (Odum, 1991, trabalho não publicado) a produção madeireira sustentável tem Razões de Investimento por eMergia mais baixas, entre 1,1 e 5. Maiores Razões de Produção por eMergia requerem ciclos de crescimento mais longos em relação aos esforços de replantio. O mais intenso é o esforço da produção florestal (maiores inputs comprados (F)), menor é a Razão Produção por eMergia. Os resultados deste estudo mostram que a relativamente inferior Razão de Produção por eMergia para as toras da várzea FOB indústria, de 2,56/1, não é devida a uma forma de extração mais sustentável, mas à alta produtividade da floresta da várzea, que baixa a transformidade inicial das toras (1,7 E4 sej/J; Tabela 5) e conseqüentemente a produção (Y), que é o numerador da razão de Produção por eMergia (Y/F).

Na comparação das eMergias gastas na extração e no transporte das toras com os dólares pagos pelas toras FOB Itacoatiara, estimou-se que os gastos eMergéticos para extração e transporte foram 12,25 vezes superiores do que o pago para as toras em Itacoatiara. Em 1989, o preço médio pago por um metro

cúbico de madeira em toras foi de \$ 9,48, enquanto a mesma tora era paga pelo menos duas vezes mais FOB indústria no Estado do Amazonas (Hummel *et al.*, 1993, p. 39). O preço pago por metro cúbico de tora em Itacoatiara era de \$ 24,00. Os gastos energéticos atingiriam 31 vezes o valor da energia para o dólar se se considerassem os preços pagos FOB Itacoatiara para a exportação internacional de toras. Embora valores gerais e aproximados foram usados para quantificar os processos envolvidos, uma diferença desta magnitude reflete claramente a incapacidade do dinheiro em servir como uma verdadeira medida dos gastos energéticos e dos custos reais. Este resultado reforça o caso para preços mais altos para a matéria-prima exportada às nações industrializadas, com a garantia que parte das rendas seria usada para sustentar os recursos florestais. Após séculos de exploração, já é tempo de considerar o retorno de recursos para conservação e para um desenvolvimento mais significativo. " Um manejo razoável das florestas tropicais do mundo requer que seu uso seja organizado em ciclos sustentáveis para maximizar o uso energético de sistemas nacionais e regionais nos quais elas estão situadas, contribuindo mais para a economia mundial a longo prazo do que se fossem deixadas aos excessos das economias de mercado." (Odum, 1991, trabalho não publicado, p.50).

Itacoatiara representa uma típica economia de exportação de "ascensão e queda". Pelo menos até 1992 não parecia existir nenhuma preocupação para a reposição dos recursos naturais ou o manejo da floresta de várzea. Os rendimentos não são estocados ou reciclados localmente e investimentos mínimos são feitos apenas para assegurar o funcionamento da indústria com a atualização da tecnologia de processamento do compensado. Não há nenhuma tentativa de beneficiar a população local como resultado dos processos industriais.

Há muito trabalho a ser feito para educar a indústria, a nível nacional e internacional, a repor no ambiente uma certa fração da sua renda líquida. Este é o caso, especialmente agora, quando a tendência emergente é a de entrar na floresta da várzea com tratores pesados e carregar toras em balsas, uma vez que a demanda está aumentando (o Sudeste da Ásia está esgotando seus estoques florestais) e as áreas tradicionais de extração da várzea do Rio Madeira estão praticamente esvaziadas de espécies úteis à indústria de laminados e compensados.

Como exposto na introdução, já existe o Fundo Federal para Reposição dos Estoques Florestais e, de acordo com a legislação federal, para cada metro cúbico de madeira extraída um mínimo de 6 árvores devem ser plantadas. Isto não tem sido obedecido. Durante os últimos 40 anos o Estado do Amazonas usou 33 milhões de árvores e apenas 3,2 milhões foram replantadas (Jansen, 1993). De acordo com Jansen, 4 milhões de árvores deveriam ser plantadas anualmente para manter um equilíbrio entre a extração e o reflorestamento (Jansen, 1993).

Considerando os resultados de ambos os modelos de simulação, é claro, especialmente pelo modelo eMergético, que existe uma constante e ameaçadora perda no estoque florestal de madeira. A transformidade da madeira da floresta declina de 7,321 E6 sej/J, no ano 1, para 1,615 E4 sej/J no ano 80 (Tabela 16). A transformidade dos estoques de toras permanece a um nível relativamente alto, entre 6 e 7 E8 sej/J, devido ao valor intrínseco da madeira, dentro da economia eMergética.

Demasiada eMergia está fluindo para fora do sistema, em termos de dinheiro e de produtos. O resultado desejado é o uso máximo de eMergia dentro de

Itacoatiara, mas o oposto está acontecendo. Manter algum dinheiro dentro do sistema reduziria grandemente a perda em transformidade do estoque florestal de madeira: se apenas 1/4 do dinheiro que sai do sistema atualmente saísse ($K19 = 0,8$, em vez de $K19 = 3,2$), esta transformidade teria um valor de $4,605 E6 \text{ sej/J}$ no ano 80, enquanto a corrente transformidade é de $7,512 E5 \text{ sej/J}$ (Tabela 19). Reduzindo a exportação de dinheiro, formar-se-ia uma alça autocatalítica que causaria crescimento econômico e criaria oportunidades para mais pessoas (Figura 20).

Cuidando para que a razão Investimento por eMergia não aumente demais, como está de fato agora, os produtos locais tornar-se-iam mais viáveis para uso local. No momento, a indústria de compensado é demasiadamente intensiva e seus produtos são muito caros para uso local. Por causa disto, a construção de casas em Itacoatiara, nas atuais condições, com produtos de compensado, baixaria apenas o estoque de bens, diminuindo ainda mais a transformidade do estoque florestal de madeira (baixando para $2,469 E5 \text{ sej/J}$; Tabela 19), reduzindo a transformidade para os bens (apenas $9,475 E4 \text{ sej/}$; Tabela 19) e baixando ainda a razão de eMergia por dinheiro ($6,079 E12 \text{ sej/}$; Tabela 19). Mais dinheiro estaria comprando menos eMergia (Figura 21).

O efeito de aumentar o tamanho da área de extração de madeira levaria a um esgotamento dos recursos da cidade. A transformidade para as toras aumentaria, devido a maiores custos para transportes, e os bens diminuiriam. O dinheiro também compraria menos eMergia. Isto, combinado com a consideração acima de uma razão de investimento para a produção de compensado excessivamente alta, abre o caso para áreas de extração menores com mais

Tabela 19 - Diminuindo o dinheiro enviado para o Sul e aumentando o uso local dos produtos de laminados e compensados.

| Coeficiente | Valor | TRW | TRL | TRA | TRM | TRN | |
|------------------------------------------|-----------------|--------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Dinheiro par o Sul: K19 | | | | | | | |
| | valor original | 3,2 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,08040E+12 | 1,36E+06 |
| | valor diminuido | 0,8 | 4,605E+06 | 6,530E+08 | 6,232E+05 | 6,08014E+12 | 1,36E+06 |
| Compensado para os mercados externos: K7 | | | | | | | |
| | valor original | 0,0148 | 7,512E+05 | 6,553E+08 | 3,355E+05 | 6,08040E+12 | 1,36E+06 |
| | valor diminuido | 0,0037 | 2,469E+05 | 6,574E+08 | 9,475E+04 | 6,07872E+12 | 1,36E+06 |

Mudança nas condições iniciais

Redução da população de 60.000 para 6.000
 Área de Extração reduzida de 25.000 para 15.000 ha

Redução do dinheiro para o Sul: K19 = 0,8
 Redução do compensado para mercado externos: K7 = 0,0037
 Redução da entrada de bens/investimentos: K20 = 0,1065

| TRW | TRL | TRA | TRM | TRN |
|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| 5,672E+05 | 9,122E+08 | 9,442E+05 | 6,07937E+12 | 1,36E+06 |

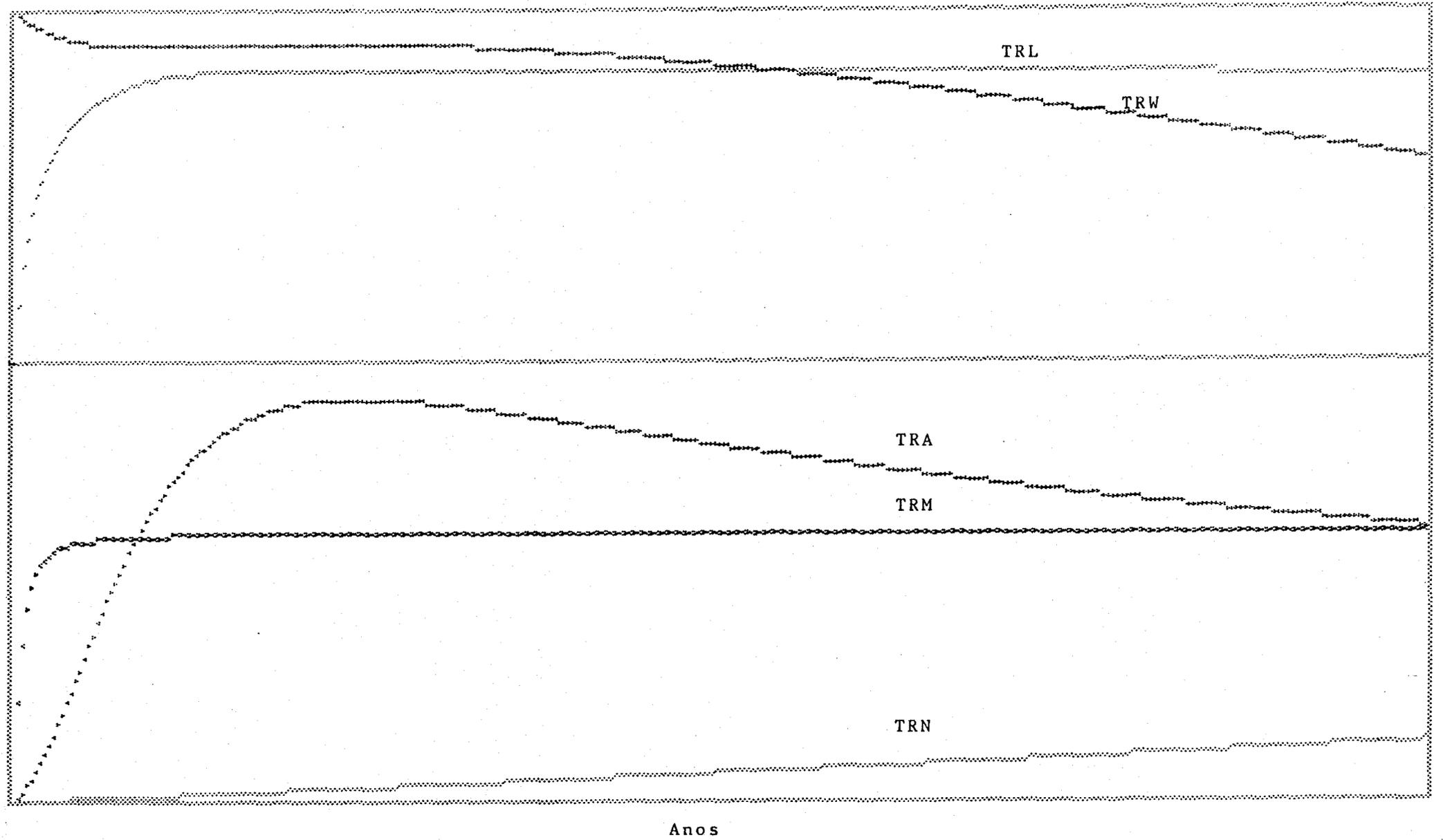


Figura 20 - Simulando o envio de 1/4 do dinheiro das vendas de compensado para fora do sistema

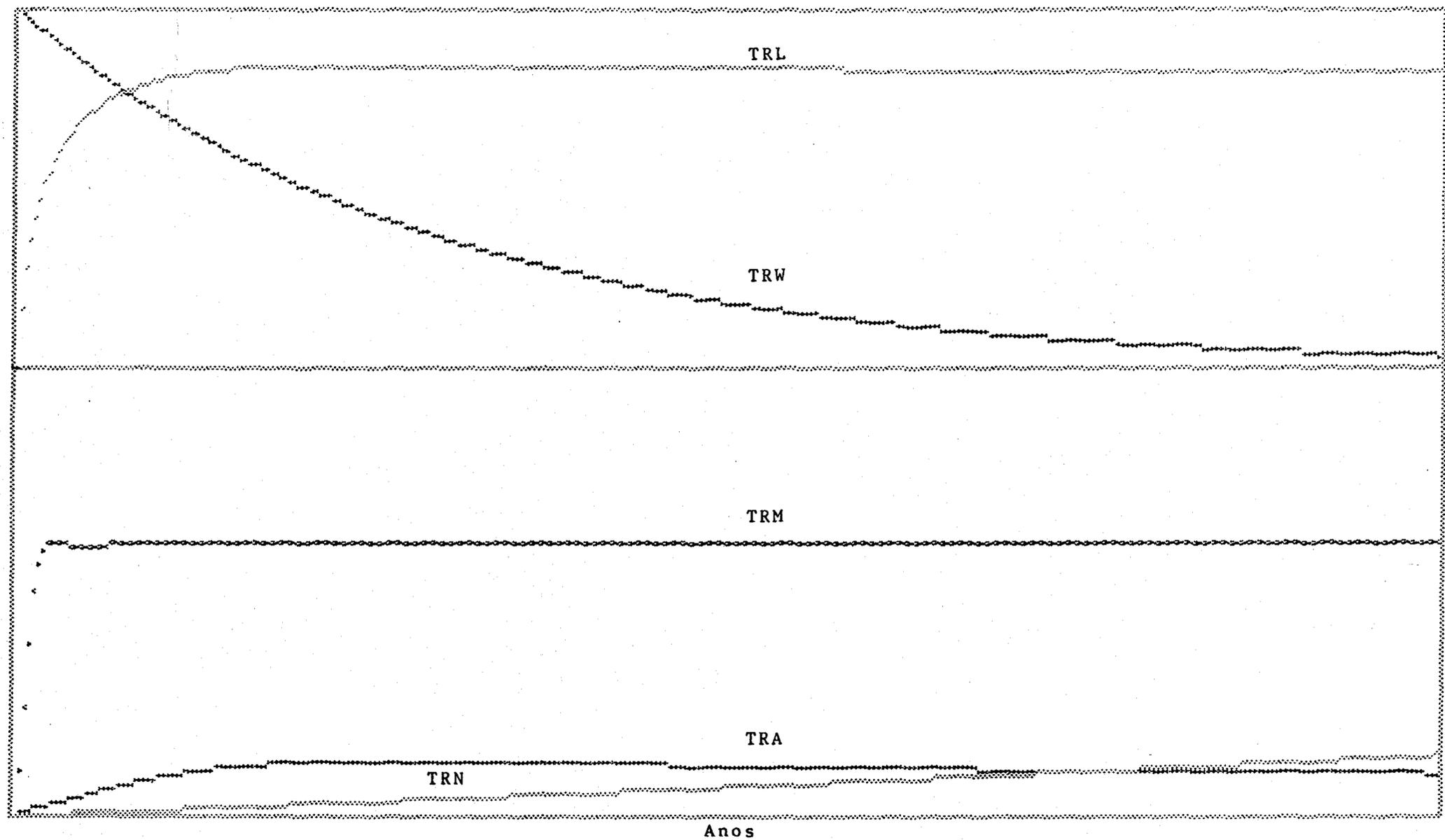


Figura 21 - simulando o envio de 1/4 do compensado para os mercados externos e usando-o na cidade.

modestas unidades de processamento de madeira e com cidades menores (menos bens e investimentos para um menor número de pessoas, bens e serviços).

Neste cenário, uma pequena cidade de 6.000 pessoas ($N = 6000$), usando uma área de extração de 15.000 ha ($C = 15000$), enviando apenas 1/4 de suas vendas para economias externas ($K19 = 0,8$, dinheiro para o Sul; Tabela 19), e metade das entradas de bens ($K20 = 0,1065$, influxo de bens e insumos), registraria altas transformidades, ou seja, guardaria mais eMergia circulando no sistema e adicionando à sua vitalidade ($9,122 \text{ E8 sej/J}$ para a transformidade do estoque de toras, TRL; $9,442 \text{ E5 sej/\$}$ para a transformidade de bens, TRA; Tabela 19 e Figura 22).

O presente modelo não tem um componente de reforço para produção do estoque florestal de madeira. Se o tivesse poder-se-ia mostrar como os bens adicionais poderiam ser usados para estabilizar a economia com mais práticas de manejo florestal sustentado, e assim contrabalançar a perda na transformidade do estoque florestal de madeira ($TRW = 5,672 \text{ E5 sej/J}$; Tabela 19).

A tese de que menores unidades com Razões de Investimento por eMergia mais baixas, usando menores áreas de extração de madeira e levando a assentamentos humanos em escala reduzida, parece ser correta do ponto de vista eMergético. Estes sistemas poderiam provarem-se mais estáveis, a longo prazo, dentro dos ecossistemas tropicais de floresta úmida, do que o atual padrão de rápido crescimento e provável queda futura, ilustrado por Itacoatiara.

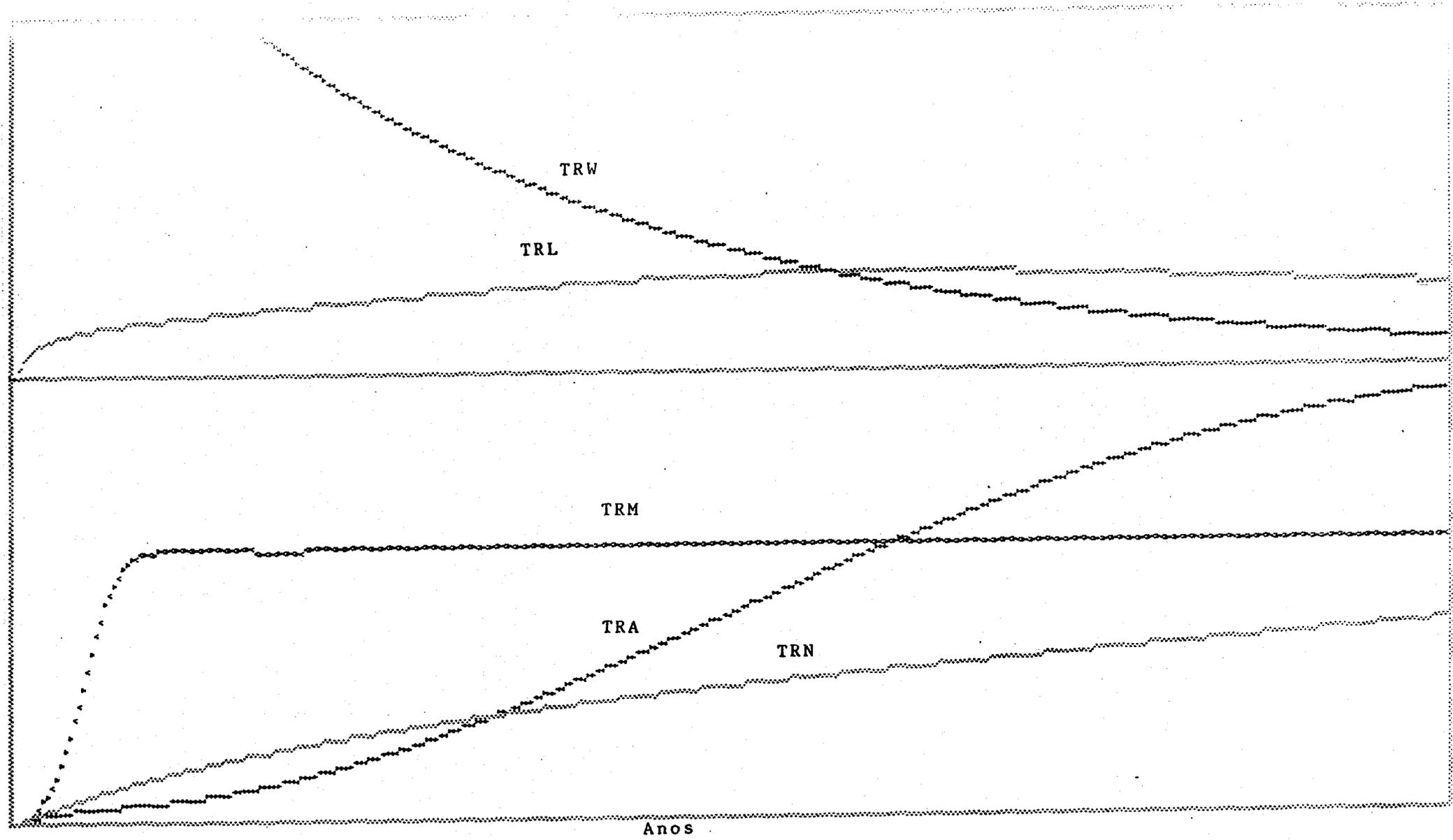


Figura 22 - Simulação de pequena cidade.

ANEXO A

ENTREVISTA - INDÚSTRIA MADEIREIRA

1. Quantos funcionários tem no momento ?
2. Hove mais do que isto no último ano ?
3. Quantos m³ de madeira em toras consumiu nos últimos 12 meses ?
4. Quais são seus produtos ? Qual é a produção por....
(peso seco, embalado, pronto para embarque/venda):
 - a)
 - b)
 - c)

5. Quais são seus gastos com energia ?

| | QUANTIA | CUSTO/Mês |
|----------------------------------------------|---------|-----------|
| a) diesel (lit.) | | |
| b) gasolina (lit.) | | |
| c) eletricidade (Kwh) | | |
| d) lenha ou carvão (m ³ /esteres) | | |
| e) Resíduos aproveitados (m ³) | | |
| TOTAIS | | |

6. Quais são seus gastos com empreiteiros e consultores ?
Com que frequência ? (mensal, anual)
Com quais custos ? " "
7. Qual é o total de sua folha de pagamento mensal ?
8. Qual é o total de sua receita mensal ?
9. Qual é aproximadamente o seu capital investido em
 - a) máquinas e equipamentos
 - b) bens imóveis

10. Tem vistas de expansão na sua indústria ? Com que prazos ?
11. Quais são os fatores que mais limitam a sua produção ?
(abastecimento de matéria prima, mão de obra especializada, sindicato dos funcionários, comercialização dos produtos, transporte para os mercados, repartições públicas (INPS, IBAMA, etc.)
12. Quais são os meses de maior produção ? Meses de menor VENDA ?

Anexo B - Fontes de dados

| Documento | Fonte de dados | Conceituação | Anotações |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Tabela 2 | | | |
| anot. 1-7 | Odum, Brown, Christianson. 1986a | 95% | dados biológicos |
| anot. 8-19 | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Anuário Estatístico do Brasil - 1989. | 80% | apenas itens declarados |
| Tabela 5 | | | |
| anot. 1,2 | área de várzea - cálculos do autor albedo, insolação, pot. quím. chuva: Odum, Brown, Christianson, 1986a. | 90% | base no RADAMBRAZIL |
| | | 95% | possíveis mudanças climáticas |
| anot. 3 | Salati e Vose, 1984; Marques, Fattori, Fish, Januario, 1986/87. | 98% | dados concordam |
| anot. 4 | produção de biomassa vegetal: Higuchi comunicação pessoal. | 90% | várzea pouco estudada |
| Tabela 6 | | | |
| anot. 1 | cont. cinética do rio: Odum, Diamond, Brown, 1987. | 90% | diferentes caracter. rios |
| anot. 2 | volume toras, Bruce, comunicação pess. | 98% | |
| anot. 3 | preços etapas de transporte, Bruce, comunicação pessoal. | 100% | |
| anot. 4 | volume toras, Bruce, comunicação pess. | 98% | |
| Tabela 7 | | | |
| anot. 1 | volume toras, Bruce, comunicação pess. | 98% | |
| anot. 2-6 | cálculos do autor | 70-80% | padrões de constr. méd. |
| anot. 7 | preços toras, Bruce, comunicação pess. | 100% | |
| anot. 8 | lenha caldeiras, Bruce, comunic. pess. | 100% | |
| anot. 9 | eletricidade usada, CEAM, Companhia Energética do Amazonas | 100% | registros de pagamentos |
| anot. 10 | combustíveis usados, PETROBRAS, Manaus | 100% | fonte única, registro pag. |
| anot. 11-13 | entrevistas, sindicatos, empresários. | 90% | |
| anot. 14 | Bens investidos por ano, Bruce, com. pess. | 95% | |
| Tabela 8 | | | |
| anot. 1 | Odum, Brown, Christianson. 1986a | 95% | |
| anot. 2-11 | Prefeitura Munic., IBGE Manaus, ICOTI. | 80% | dados precários |
| anot. 12 | combustíveis, PETROBRAS | 90% | parte compras em Manaus |
| anot. 13 | eletricidade, CEAM | 100% | registro de pagamentos |
| anot. 14 | bens consum., ICOTI, SEFAZ - listagem das vendas declaradas das 100 maiores casas comerciais. Cálculos adic. do autor | 80% | |
| anot. 15-16 | Pref. Munic., ICOTI, SEFAZ, autor | 80% | |
| Figura 15 | cresc. popul./taxa urbaniz., IBGE Manaus. | 95% | |
| Tabela 10 | | | |
| eMergia | eMergia nac./capita: autor | 70% | muitas variáveis |
| | necessidade eMergéticas/capita | 70% | muitas variáveis |
| extrativ. | mão-de-obra extrativa: Bruce e autor | 70% | |
| | volume extraído por unidade familiar: Bruce e autor | 70% | |
| | combustível usado: Bruce e autor | 70% | |
| | preços nas diferentes etapas de extração: Bruce, comunicação pessoal. | 100% | |

Anexo B - Continuação.

| Documento | Fonte de dados | Conceituação | Anotações |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| modelos | | | |
| W | estoque florestal madeira abaixo/acima do solo, Fearnside, comunicação pessoal | 90% | várzea pouco estudada |
| coef. J1 | cresc. líquido biomassa, Odum, com pess. | 90% | várzea pouco estudada |
| coef. J2 | perda anual de biom., Odum, com pess. | 90% | várzea pouco estudada |
| coef. J3 | volumes cortes, Bruce, comunicação pess. | 90% | |
| coef. J4 | estoque anual de toras, Bruce, com. pess. | 95% | |
| coef. J5 | perda anual de toras, entrev. e autor | 85% | |
| coef. J6 | toras usadas/ano, autor | 90% | |
| L | estoques anuais de toras, médias, Bruce, comunicação pessoal | 95% | |
| A | bens da cidade, IBGE, Pref. Munic, outros | 80% | |
| coef. J9 | bens p/população, ICOTI, 1982 | 80% | |
| coef. J15 | bens p/atividades de extração, Bruce, comunicação pessoal | 90% | |
| coef. J20 | influxos de bens e serviços, SEFAZ, levantamento das 100 principais empresas comerciais | 80% | somente notas declar |
| M | estoque de capital industrial, Bruce, comunicação pessoal | 90% | |
| coef. J7 | fluxo de produto acabado e retorno de dinheiro, várias fontes (entrevistas) | 90% | |
| coef. J14 | bens e serviços para insumos, estimativa do autor | 70% | |
| coef. 19 | dinheiro enviado par o Sul do Brasil, várias fontes (entrevistas) | 90% | |
| N | população, IBGE-Manaus | 95% | |
| coef. J10 | taxa de crescimento populacional, IBGE-Manaus | 95% | |
| coef. J11 | taxa de mortalidade, IBGE-Manaus | 95% | |
| coef. J12 | taxa de emigração, estimativa do autor | 70% | falta de dados oficiais |
| coef. J13 | taxa de imigração, estimativa do autor | 70% | falta de dados oficiais |

LITERATURA CITADA

- BARBOSA, A.P. 1987. Situação da Pesquisa Florestal do INPA. Anais do Encontro sobre Silvicultura e Manejo Florestal na Amazônia. INPA. Manaus.
- BOLTZMANN, L. 1886. Der zweite hauptsatz der mechanischen warme theorie. Georld, Viena.
- . 1905. The Second Law of Thermodynamics. Populare Schriften, Essay No.3 (address to Imperial Academy of Science in 1886). Reprinted in English in Theoretical Physics and Philosophical Problems, Selected Writings of L. Boltzmann. D. Reidel, Dordrecht, Holanda.
- BROWDER, J.O. 1986. Logging the Rainforest: A Political Economy of Timber Extraction and Unequal Exchange in the Brazilian Amazon. Tese de Doutorado. University of Pennsylvania. 393 p.
- BROWN, M.T. e T.R. McCLANAHAN. 1992. Emergy Analysis Perspectives of Thailand and Mekong River Dam Proposals. Centre for Wetlands and Water Resources University of Florida, Gainesville, Florida. 60 p.

- BROWN, M.T. e R.C MURPHY. 1992. A Quantitative Method for Determining Carrying Capacity for Tourism and Other Economic Investments. Trabalho não-publicado. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, Florida. 38 p.
- BRUCE, R.W. 1976. "Produção e Distribuição da Madeira Amazônica." Série Estudos 4, Instituto Brasileiro de Defesa Florestal (IBDF), Brasília.
- BUNKER, S.G. 1982. "The State, Extractive Economies, and the Progressive Underdevelopment of the Brazilian Amazon." Trabalho apresentado na 31ª Conferência Anual Latino Americana "Expansão da Fronteira em Amazônia," University of Florida (Gainesville), Fevereiro 8-11.
- CANTER, L. 1977. Environmental Impact Assessment. McGraw Hill. Nova Iorque.
- CAPRA, F. 1982. The Turning Point (O Ponto de Mutação). Editora Cultrix. São Paulo. 447 p.
- CARNOT, S. 1824. Reflections sur la puissance matrice du fue, Paris. Tradução de 1960, American Society of Mechanical Engineers, Nova Iorque. 107 p.

CEAM (Companhia Energética do Amazonas). 1990. Boletim Estatístico 1990, Manaus, Amazonas.

_____ . 1991. Boletim de Mercado. March 1991. Manaus, Amazonas.

COOK, C. 1976. Man, Energy, Society. Freeman, San Francisco. 478 p.

COTTRELL, F. 1955. Energy and Society. McGraw-Hill, Nova Iorque.

De GROOT, S.R. 1952. Thermodynamics of Irreversible Processes. North-Holland, Amsterdam.

EVANS, R. 1969. A proof that essergy is the only consistent measure of potential work. Tese de Doutorado. College of Engineering, Dartmouth.

FEARNSIDE, P.M. 1993a. Tropical silvicultural plantations as a means of sequestering atmospheric carbon dioxide. INPA, Manaus. 46 p.

_____ . 1993b. Migração, Colonização e Meio-ambiente: O Potencial dos Ecossistemas Amazônicos. Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. Vol. 2. INPA. Manaus.

- FONSECA, M.G.de. 1991. "Medidas de Atividade Econômica" em "Manual de Economia" da equipe de professores da Universidade de São Paulo, USP. Saraiva Editora, São Paulo. p.173-187.
- GIBBS, J.W. 1873. On the Equilibrium of Heterogeneous Substances. Collected Works, Vol.I, Yale University Press (reimpresso em 1928).
- . 1901. Elementary Principles in Statistical Mechanics, Collected Works, Vol. II, Yale University Press (reimpresso em 1948).
- HANNON, B. 1973. Energy standard of value. Ann.Am Acad.Polit.Soc. Sci.410: 139-153.
- HOMMA, A.K.O. 1982. Uma tentativa de Interpretação Teórica do Extrativismo. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Acta Amazonica, 12(2): 251-255.
- HUMMEL, A.C. e R.W. BRUCE. 1987. Manejo Florestal na Amazônia: Problemas e Algumas Soluções. Anais do Encontro sobre Silvicultura e Manejo Florestal na Amazônia. INPA, Manaus.
- HUMMEL, A.C., A.P. MENDES SIMÕES, C.L. PICANÇO, M.R. GOMES, T.S. NETO, V.R. das CHAGAS, e T.L. GUITTON. 1993. Situação

da Indústria Madeireira no Estado do Amazonas (1992).
Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Amazonas
(SEBRAE), Amazonas, 90 p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1980.
Sinótese Preliminar do Censo Demográfico - Recenseamento
Geral do Brasil. Vol.1, Tomo 1, No.4 - Amazonas. IBGE,
Rio de Janeiro.

. 1990.
Anuário Estatístico do Brasil. IBGE. Rio de Janeiro.

ICOTI (Instituto de Cooperação Técnica Intermunicipal). 1982.
Estudos sobre a Cidade de Itacoatiara. Manaus, Amazonas.

JANSEN, M.R.A. e J.de C. ALENCAR. 1991. Contribuição à Reposição
Florestal no Estado do Amazonas. Em: Bases Científicas
para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da
Amazônia: Fatos e Perspectivas. INPA, Manaus, Vol.1. p.
187-195.

JANSEN, M.R.A. e R.G.B. JANSEN. 1982. Alguns Aspectos Setoriais
de Nova Olinda do Norte. Empresa de Assistência Técnica
e Extensão Rural do Amazonas (EMATER-AM), Manaus. 45 p.

JEVONS, W.S. 1871. The Theory of Political Economy. 4ª Edição,

Londres, Macmillan, 1911.

JORGENSEN, S.E. e H.MEJER. 1977. Ecological buffer capacity.
Ecological Modeling 3,39-61.

_____. 1979. A holistic approach to
ecological modeling. Ecological Modeling 7,169-189.

JUDAY, C. 1949. The annual energy budget of an inland lake.
Ecology, 21(4),438-450.

LINDEMAN, R.L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology.
Ecology 23,399-418.

LOTKA, A.J. 1922a. Contributions ot the Energetics of Evolution.
Proceedings of the National Academy of Sciences. 8: 147-
155.

_____. 1922b. Natural Selection as a Physical Principle.
Proceedings of the National Academy of Sciences. 8:
151-154.

MARQUES, A. de O., M. DE N.G. RIBEIRO, A.P. FATTORI, G.F. FISH, M.
JANUARIO. 1986/87. Evaporação Potencial de Florestas.
ACTA AMAZONICA, 16/17 (Nº único): 227-292.

- MARX, K. 1867. Das Capital. Traduzido por Ben Fowkes, Vintage Books, 1977 Edition, Random House, Nova Iorque.
- MAXWELL, J.C. 1877. Matter and Motion, Macmillan, Nova Iorque (re-impresso em 1975) 162 p.
- MUNN, R.E. 1979. Environmental Impact Assessment, SCOPE 5. John Wiley and Sons. Nova Iorque
- NAHUZ, M.A.R. 1974. "Some Aspects of the Introduction of Lesser Known Brazilian Species to the European Timber Trade." Masters thesis, University of Wales. Bang, Reino Unido.
- ODUM, H.T. 1971. Environment, power, and society. Wiley-Interscience, Nova Iorque. 336 p.
- . 1983. Systems ecology: an introduction. Wiley-Interscience, Nova Iorque. 644 p.
- , e E.C. Odum. 1983. Energy Analysis Overview of Nations. Working paper of the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxemburg, Austria.
- . 1988. Self-Organization, Transformity, and Information. Science, 242:1132-1139.

_____, M.T. Brown, R.A. Christianson. 1986a. Energy systems overview of the Amazon Basin. Report to The Cousteau Society. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, 190 p.

_____. 1986b. Energy systems overview of the Amazon Basin. Executive Summary. Report to The Cousteau Society. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, 28 p.

_____. 1991. Tropical Forest Systems. Unpublished paper, January 15, 1991. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, Florida.

ODUM, H.T., E.C. ODUM, M.T. BROWN, G.B. SCOTT, D. LAHART, C. BERSOK, e J. SENDZIMIR. 1986c. Florida systems and environment. National Science Foundation Workshop in Gainesville, Florida. 83 p.

_____. 1988. Environmental systems and public policy. Ecological Economics Program, Phelps Lab, University of Florida, Gainesville, 253 p.

ODUM, H.T. e E.C. ODUM. 1989. Computer minimodels and simulation exercises - for Science and Social Science. Center for Wetlands, Phelps Laboratory, University of

Florida, Gainesville, 319 p.

ODUM, H.T. e J.E. ARDING. 1991. Emergy Analysis of Shrimp Mariculture in Ecuador. Working paper. Environmental Engineering Sciences and Center for wetlands, University of Florida, Gainesville, Florida. 114 p.

ODUM, H.T., C.D. DIAMOND, M.T. BROWN. 1987. Energy Systems overview of the Mississippi River Basin. Center for Wetlands, Univeristy of Florida, Gainesville, Florida. 105 p.

OLIVEIRA, J.A.da R. 1993. O Ecodesenvolvimento e a Mudança de Paradigmas. B.S. degree paper for the Economics Dept. of the University of Amazonas (FUA). Manaus. 107 p.

ONSAGER, L. 1931. Reciprocal relations in irreversible processes. Physics Review 37,405; 38,2265.

OSTWALD, W. 1907. The modern theory of energetics. Monist 17,511.

PARRISH, W. 1933. An Outline of Technocracy, Rinehart, Nova Iorque.

PERROUX, F67. Técnicas Cuantitativas de la Planificación. Ediciones Ariel, Barcelona. 232 p.

- POSTEL, S.L. 1990. Toward A New 'Eco'-Nomics. Worldwatch Institute. July 1990. Washington, DC.
- PRIGOGINE, I. 1955. Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes, 2nd Ed., Interscience, Nova Iorque. 119 p.
- ROSSETTI, J.P. 1991. Contabilidade Social. 6ª Edição, Editora Atlas, Sao Paulo. 320 p.
- SACHS, I. 1986. Ecodesenvolvimento - Crescer sem destruir. Coleção Terra dos Homens, Vol. 1, Edições Vértice, São Paulo, 207 p.
- SALATI, E. e P.B. VOSE. 1984. Amazon Basin: A System in Equilibrium. Science. Vol.225: 4658 p. 129-225.
- SANTOS, J.R. dos. 1987. Metodologia de interpretação dos dados de sensoriamento remoto e suas aplicações à vegetação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2215-D/010. Sao José dos Campos.
- SANTOS, J. 1988. Diagnóstico das serrarias e das fábricas de laminados e compensados do estado do Amazonas. Acta Amazonica. 18(1-2). p. 67-82.
- SODDY, F. 1912. Matter and Energy, Oxford University Press,

Londres.

———. 1922. Cartesian Economics and the Bearing of Physical Science upon State Stewardship, Hendersons, Londres.

———. 1933. Wealth, Virtual Wealth, and Debt, Dutton, Nova Iorque.

SCHMIDT, A. e H.L. LIST. 1962. Material and Energy Balances, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nova Jersey.

SCOTT, H. 1933. Introduction to Technocracy, J. Day, Nova Iorque.

SHOPLEY, J.B. e FUGGLE, R.F. 1984. A comprehensive view of current environmental impact assessment methods and techniques. Journal of Environmental Management 18:25-47.

SMITH, A. 1876. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Modern Library, Ed. 1937. Nova Iorque.

STEWART, J.Q. 1948. Demographic Gravitation: Evidence and Applications. Sociometres, vol.II.

SUNKEL, O. e PAZ, P. 1976. A Teoria do Desenvolvimento Econômico. Editora DIFEL, Sao Paulo. 243 p.

UHL, C. e I.C.G. VIEIRA. 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: A case study from the Paragominas region in the state of Pará. Biotropica 21: 98-106.

WESTMAN, W.E. 1985. Ecology, Impact Assessment, and Environment Planning. Wiley Interscience. Nova Iorque.

* Bibliografia elaborada conforme ABNT, 1989.