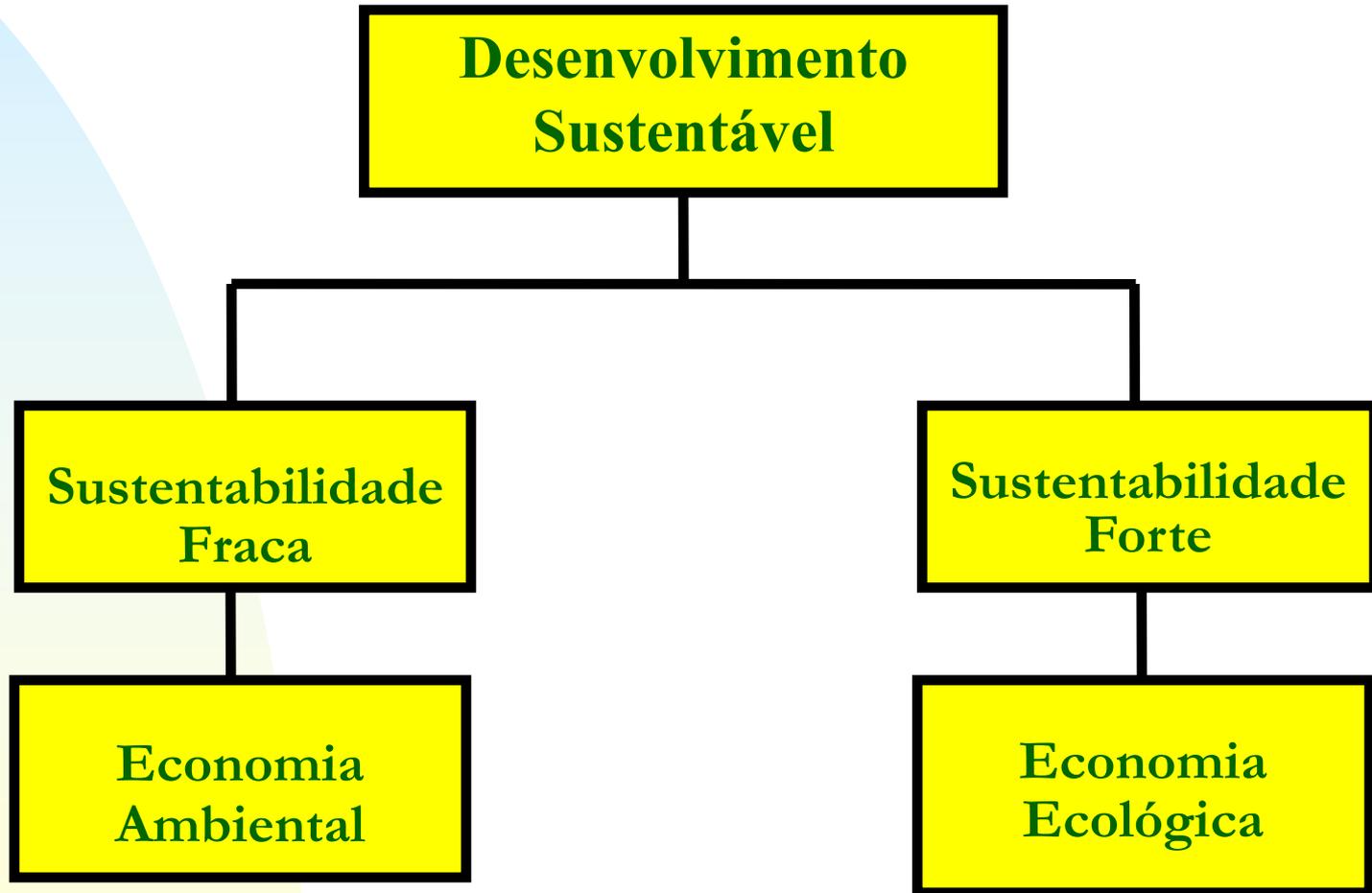




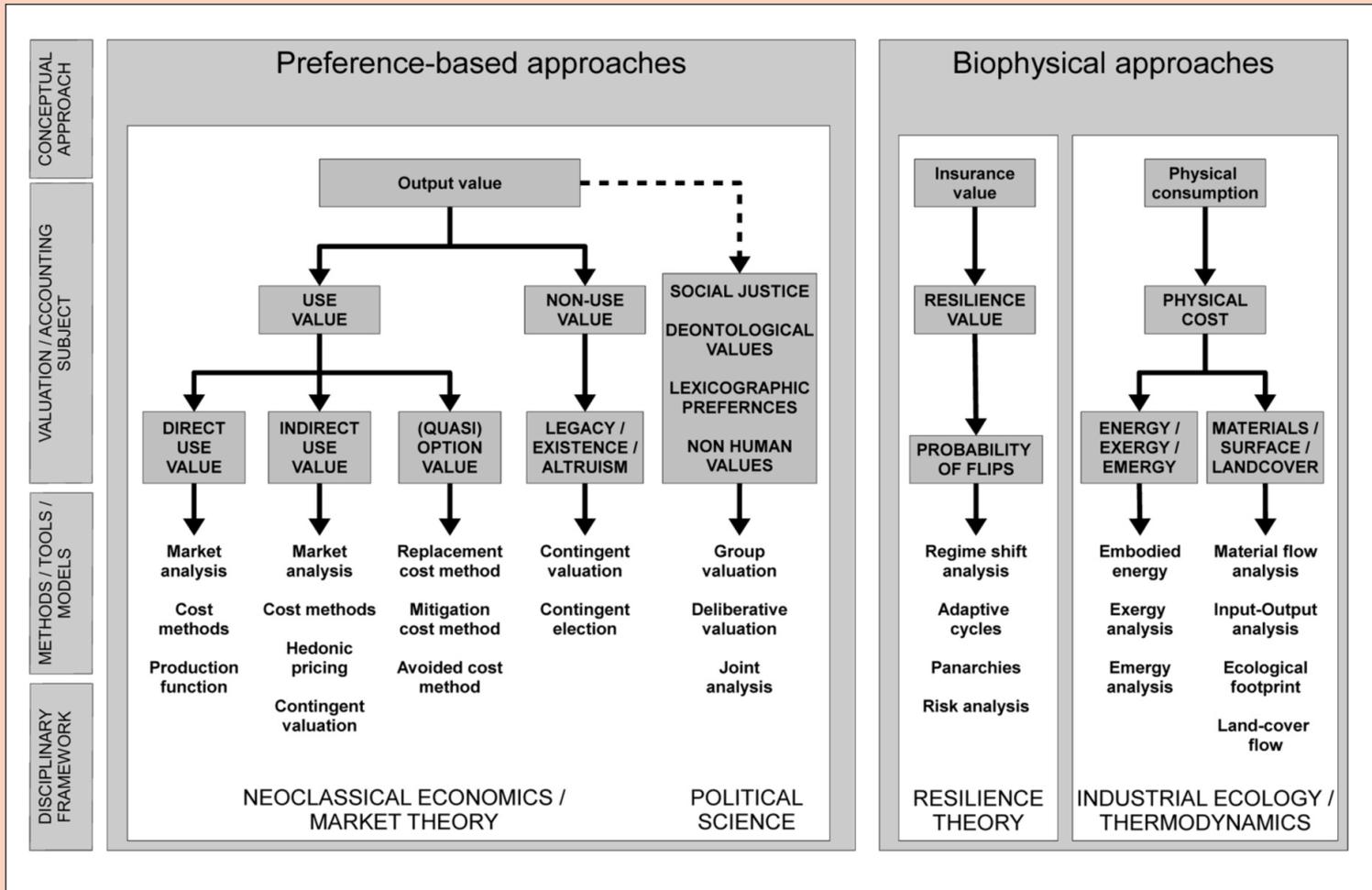
ECOLOGIA DE SISTEMAS

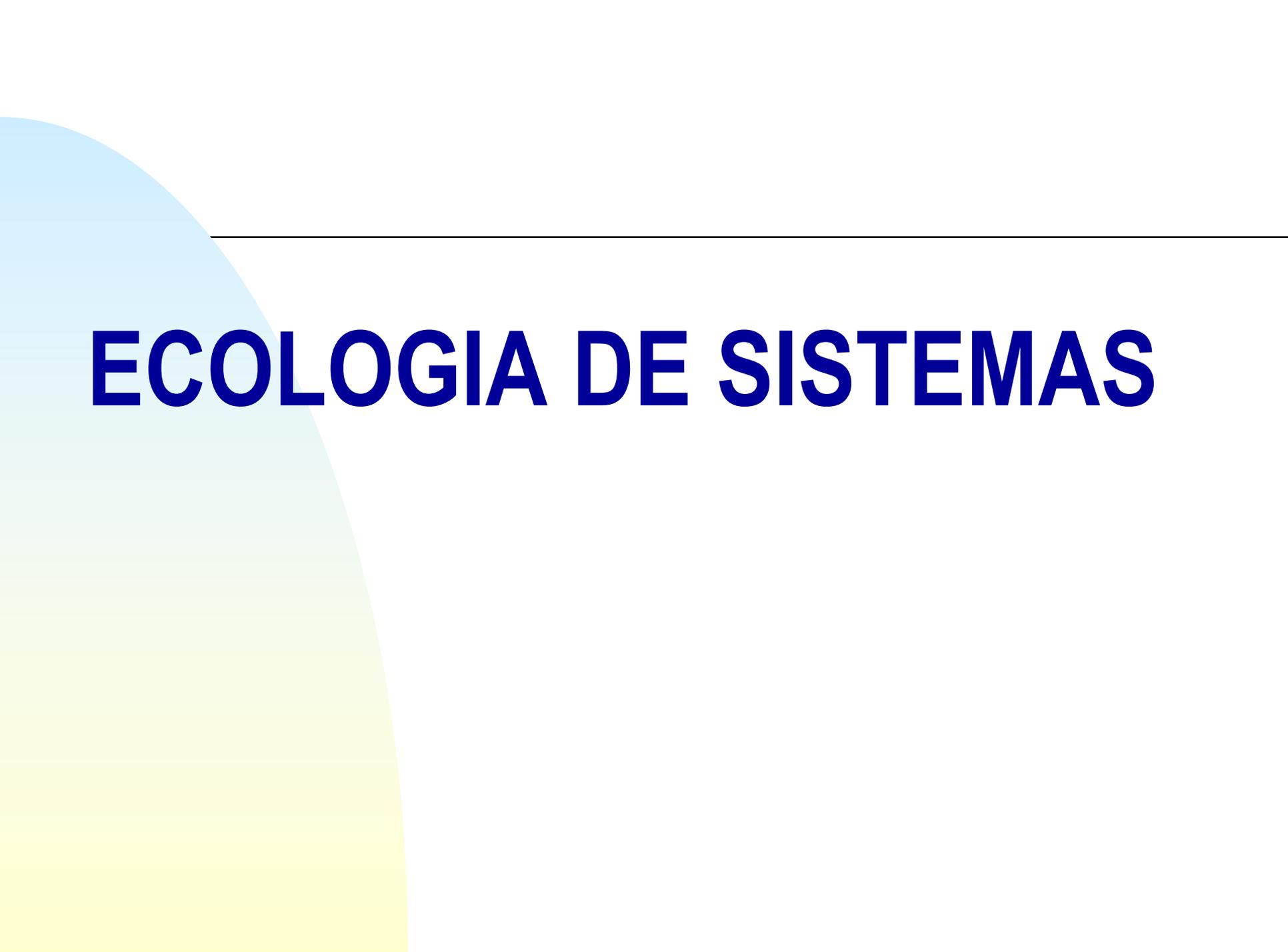
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Métodos de Valoração

Figure 1: Approaches for the estimation of nature's values





ECOLOGIA DE SISTEMAS

ANÁLISE EMERGÉTICA

**A ANÁLISE DE FLUXO ENERGÉTICO
(ECOLOGIA DE SISTEMAS) PERMITE
ORDENAR AS INFORMAÇÕES DO
SISTEMA, QUANTIFICAR E INTEGRAR OS
SISTEMAS ECOLÓGICOS E ECONÔMICOS
(H.T. ODUM, 1988)**

Ecosistemas e Políticas Públicas - H.T. Odum

www.unicamp.br/fea/ortega/eco/

ECOLOGIA DE SISTEMAS

DEFINIÇÃO

- Estuda os ecossistemas de forma global e integrada, definindo, através de símbolos, os componentes e fluxos mais relevantes para analisar o comportamento do sistema como um todo;
- A energia é o fator limitante mais relevante para um ecossistema, e o conceito de fluxo de energia proporciona não somente uma avaliação relativa de cada componente dentro do sistema, mas também meios para comparar diversos ecossistemas.

Alguns conceitos

- **Sistema** - grupo de partes que estão interagindo de acordo com algum tipo de processo.
- **Sistema** – todo é maior que a soma das partes (grupos que apresentam propriedades emergentes da interação das partes são sistemas)
- **Modelos** - representações simplificadas dos sistemas são modelos

Alguns conceitos

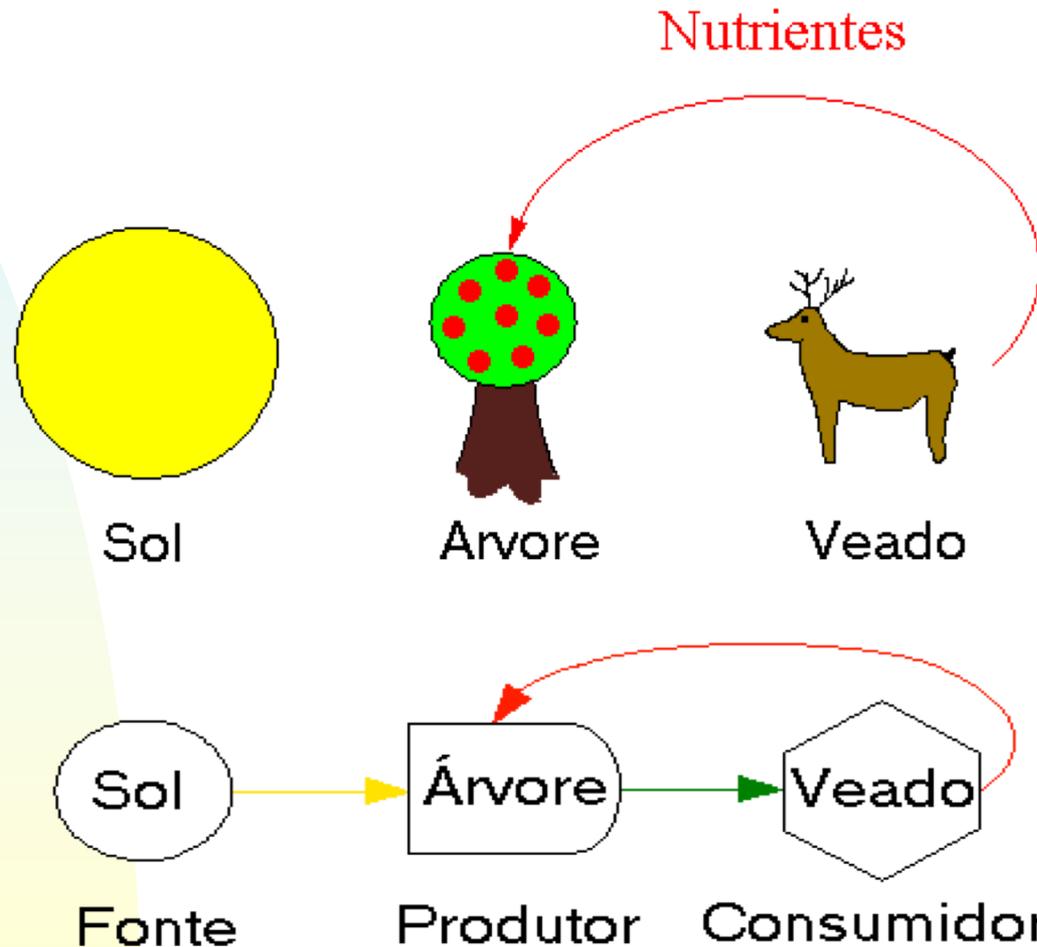
Qualquer simbolismo escrito ou falado que facilita o entendimento da combinação das partes em um sistema é uma linguagem de sistema.

(equação diferencial, matrizes, programas de computação, etc.)

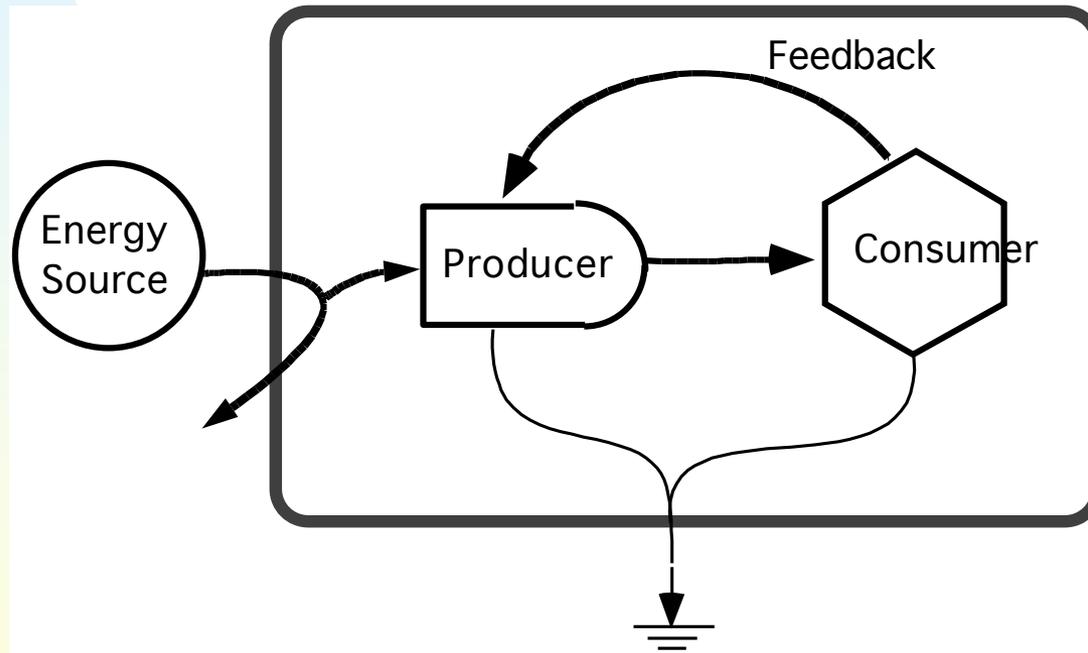
Linguagem de circuito energético

ECOLOGIA DE SISTEMAS

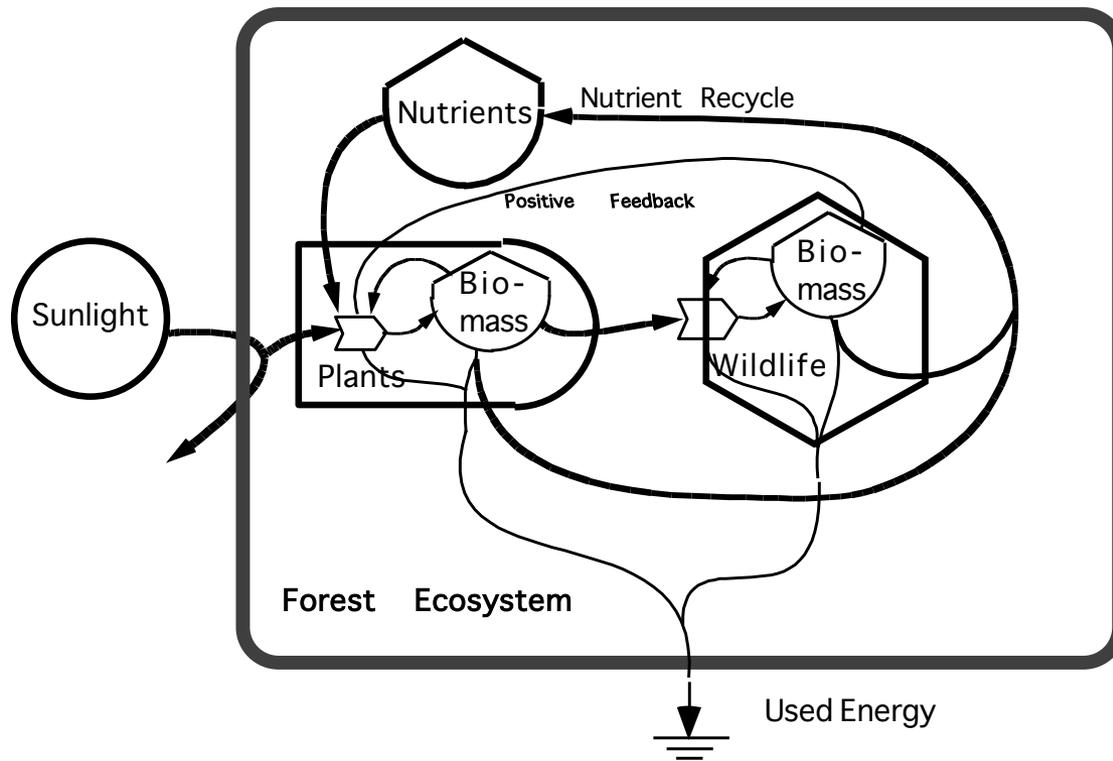
Exemplo de representação de um sistema



Sistemas Produtor-Consumidor



Um diagrama mais complexo de uma floresta



Adicionando mais complexidade

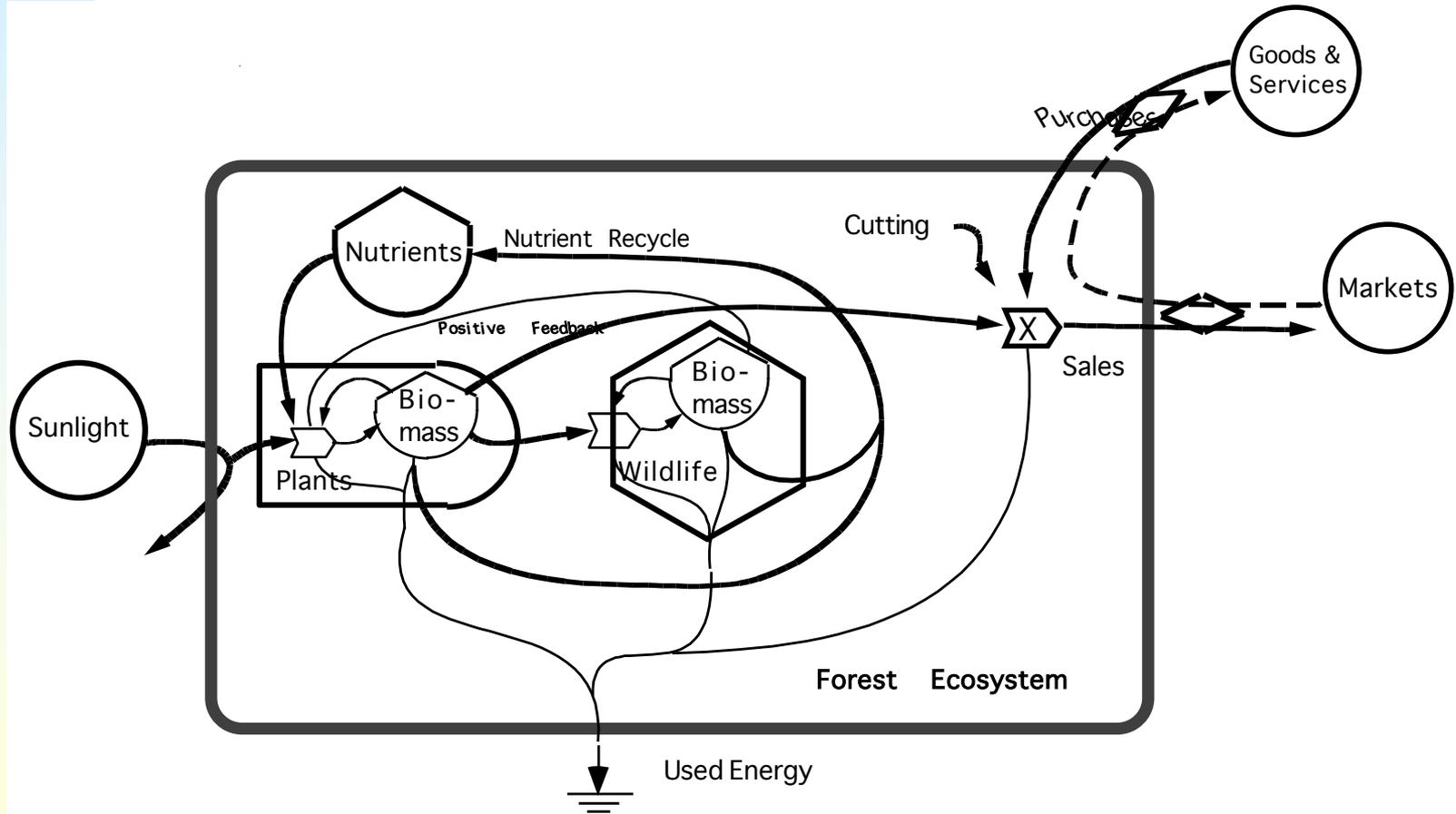


Diagrama de uma cidade e sistema de suporte

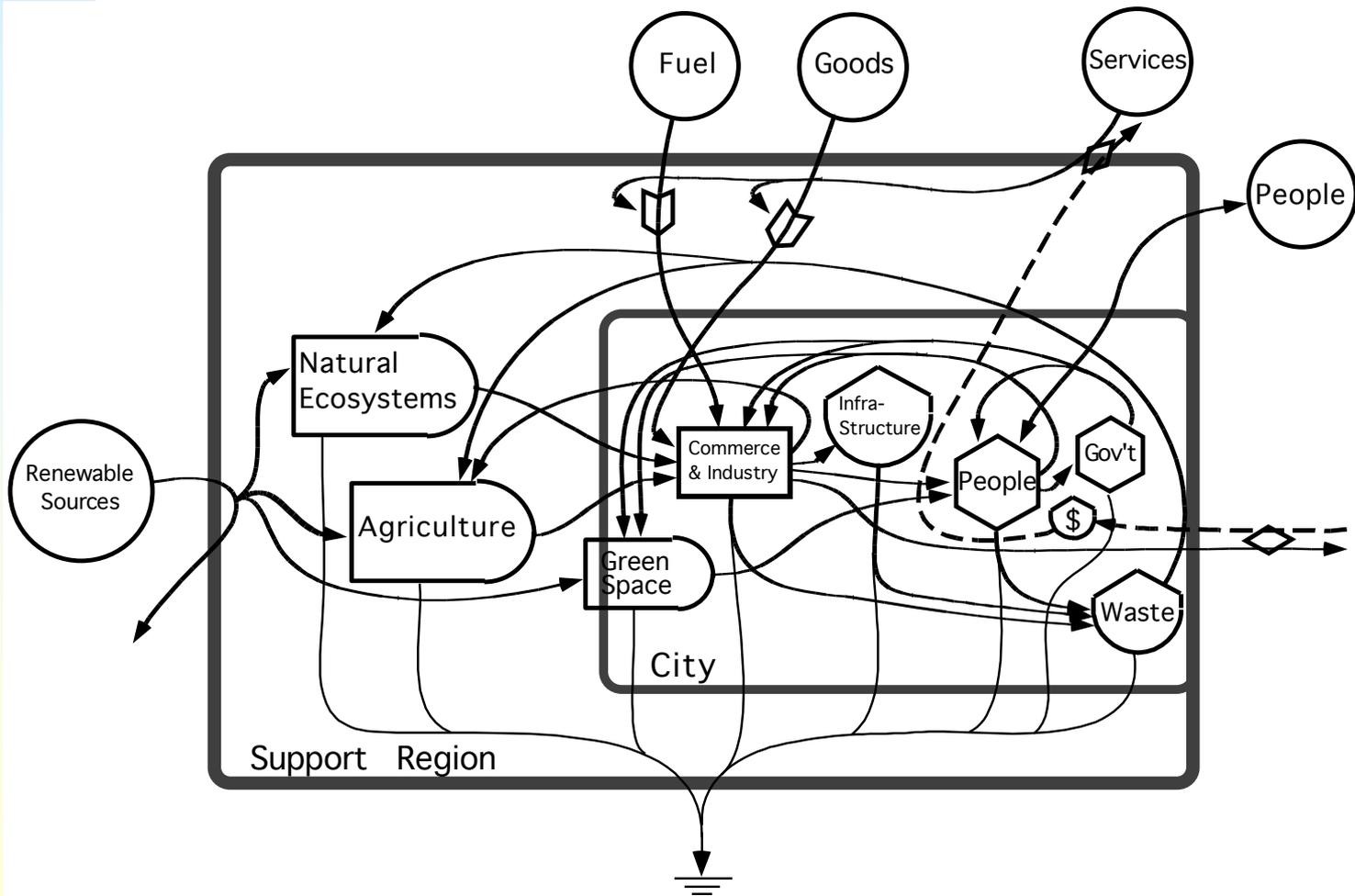
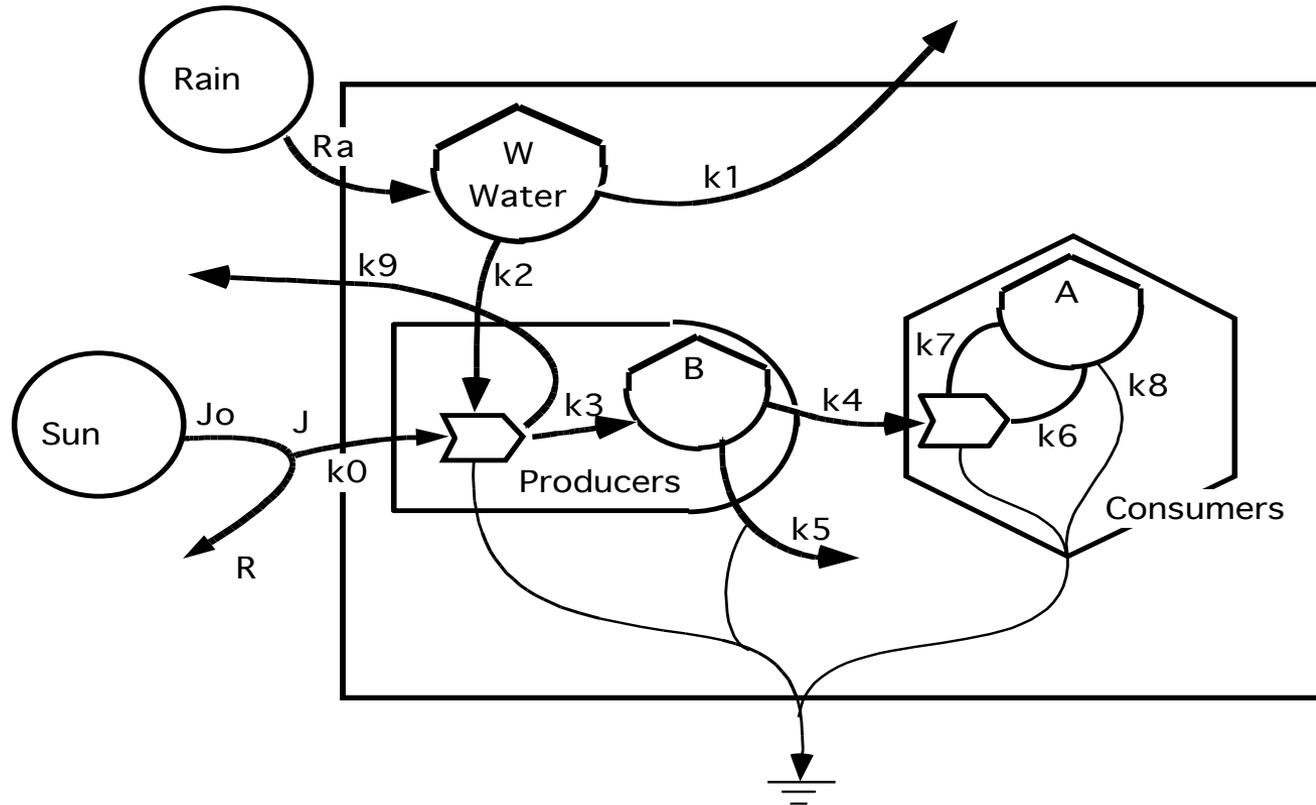


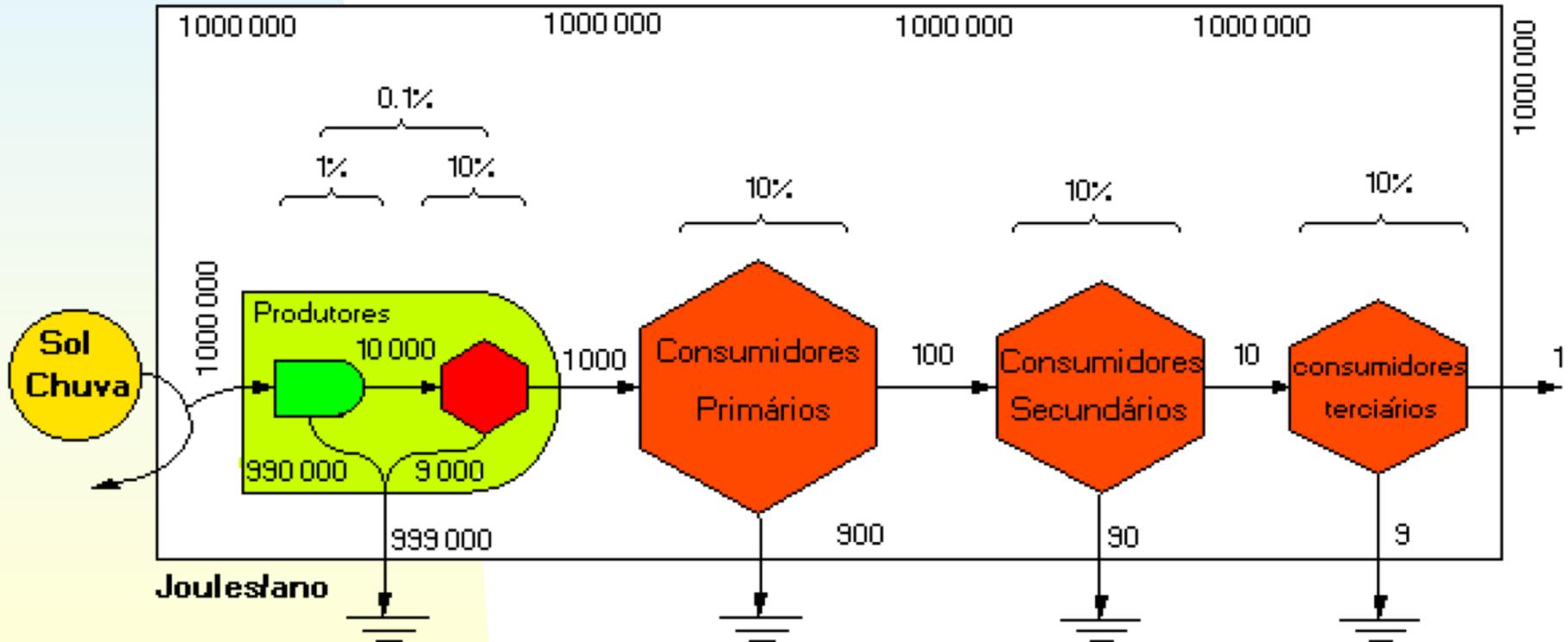
Diagrama = Equações matemáticas



$$\begin{aligned} \frac{dW}{dt} &= R_a - k_2 \cdot R \cdot W - k_1 \cdot W \\ \frac{dB}{dt} &= k_3 \cdot R \cdot W - k_4 \cdot B \cdot A - k_5 \cdot B \\ \frac{dA}{dt} &= k_6 \cdot A \cdot B - k_7 \cdot A \cdot B - k_8 \cdot a \end{aligned}$$

FLUXO DE ENERGIA

A cada nível sucessivo na cadeia, a energia disponível para o outro nível é convertida, concentrando-a. Nestes processos de transformação há sempre perdas.



FLUXO DE ENERGIA

- 1 000 000 de joules anuais de energia solar que sustentam a floresta se convertem em:
- 10 000 joules é transformada em biomassa, dos quais:
- 1 000 joules é consumida pelo consumidor primário, a qual é consumida para produzir:
- 100 joules de nova biomassa do consumidor secundário, consumida para produzir:
- 10 joules de nova biomassa do consumidor secundário, consumida para produzir:
- 1 joule que sai do sistema.

Hierarquia da transformação de energia

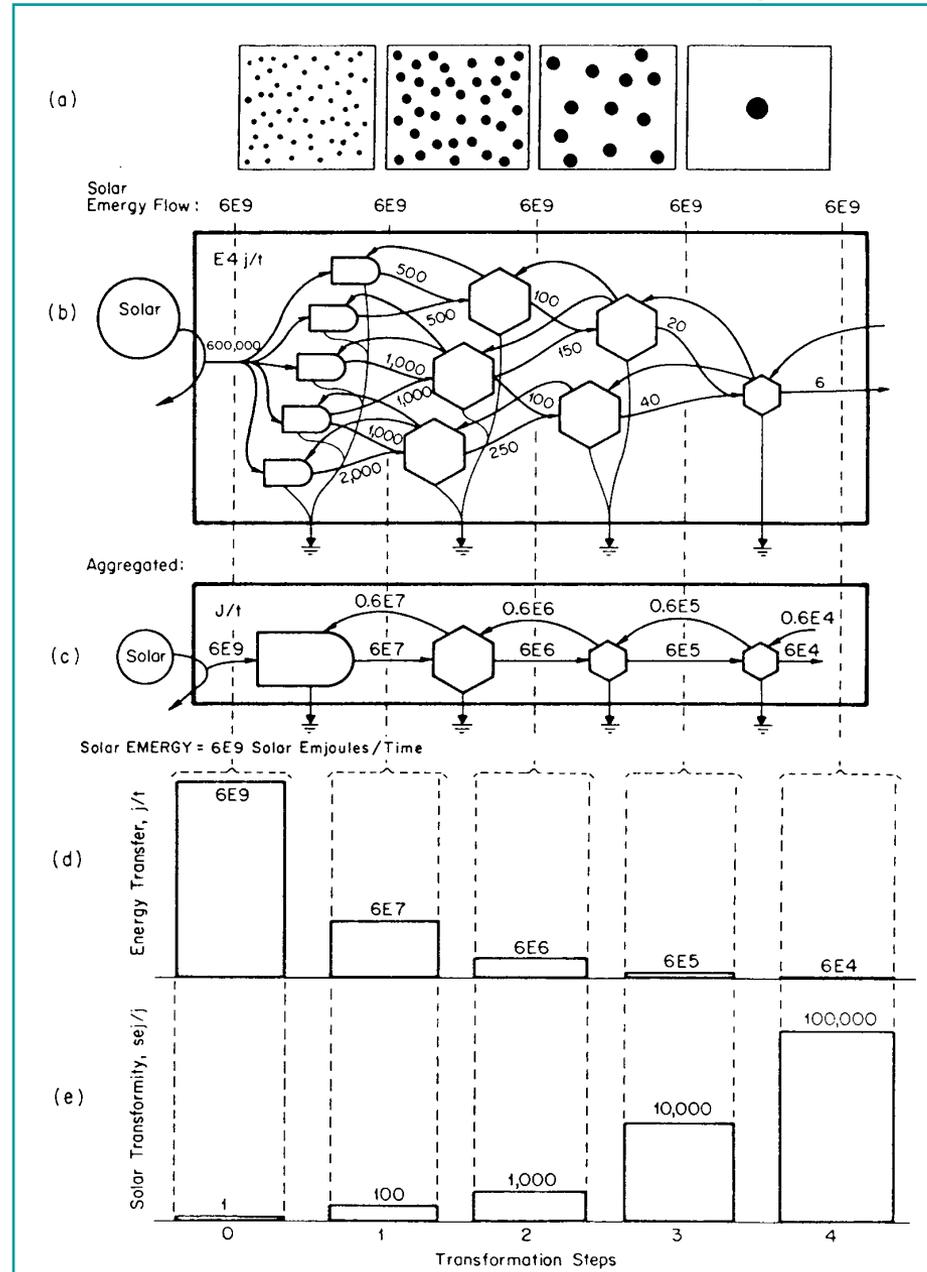
a) Vista espacial

b) Network das energias

c) Agregação do network em uma cadeia de energia

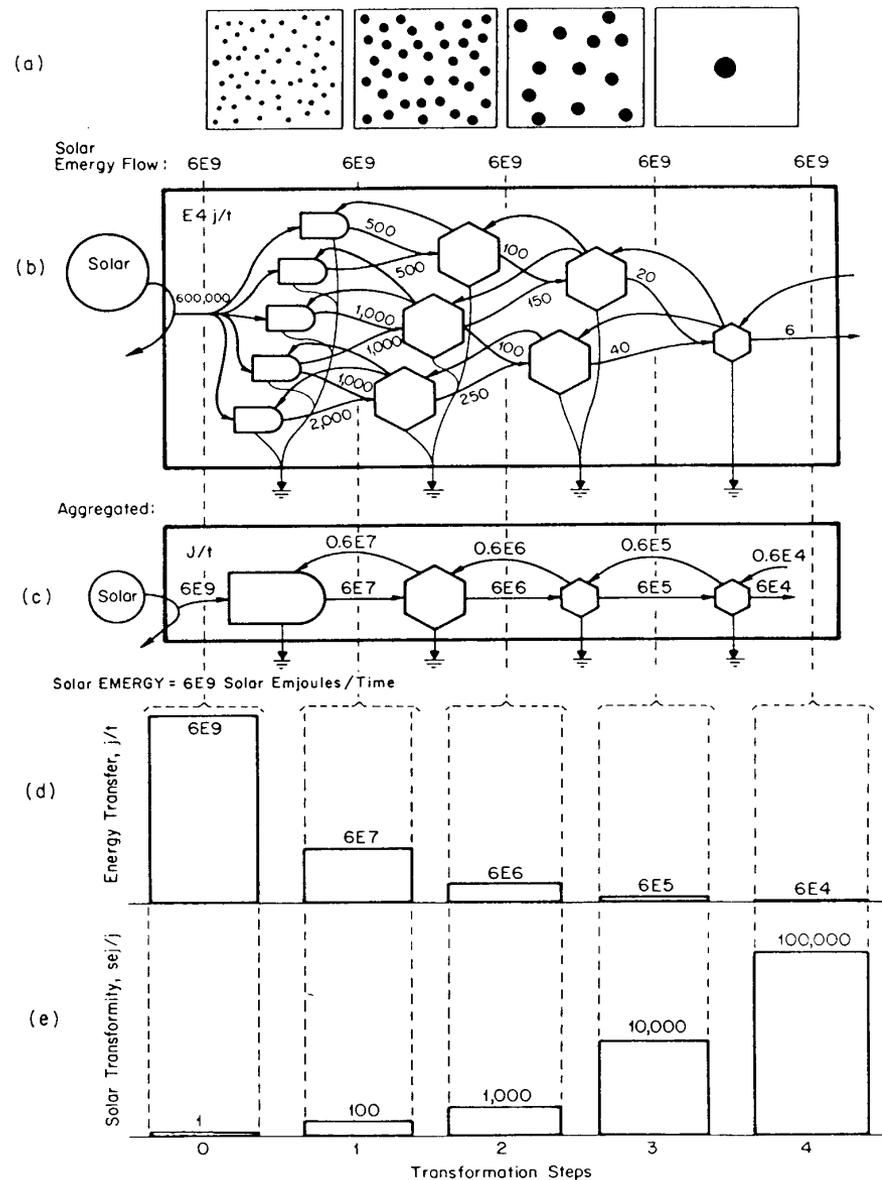
d) Grafico de barras representando a hierarquia de energia

e) Transformidades

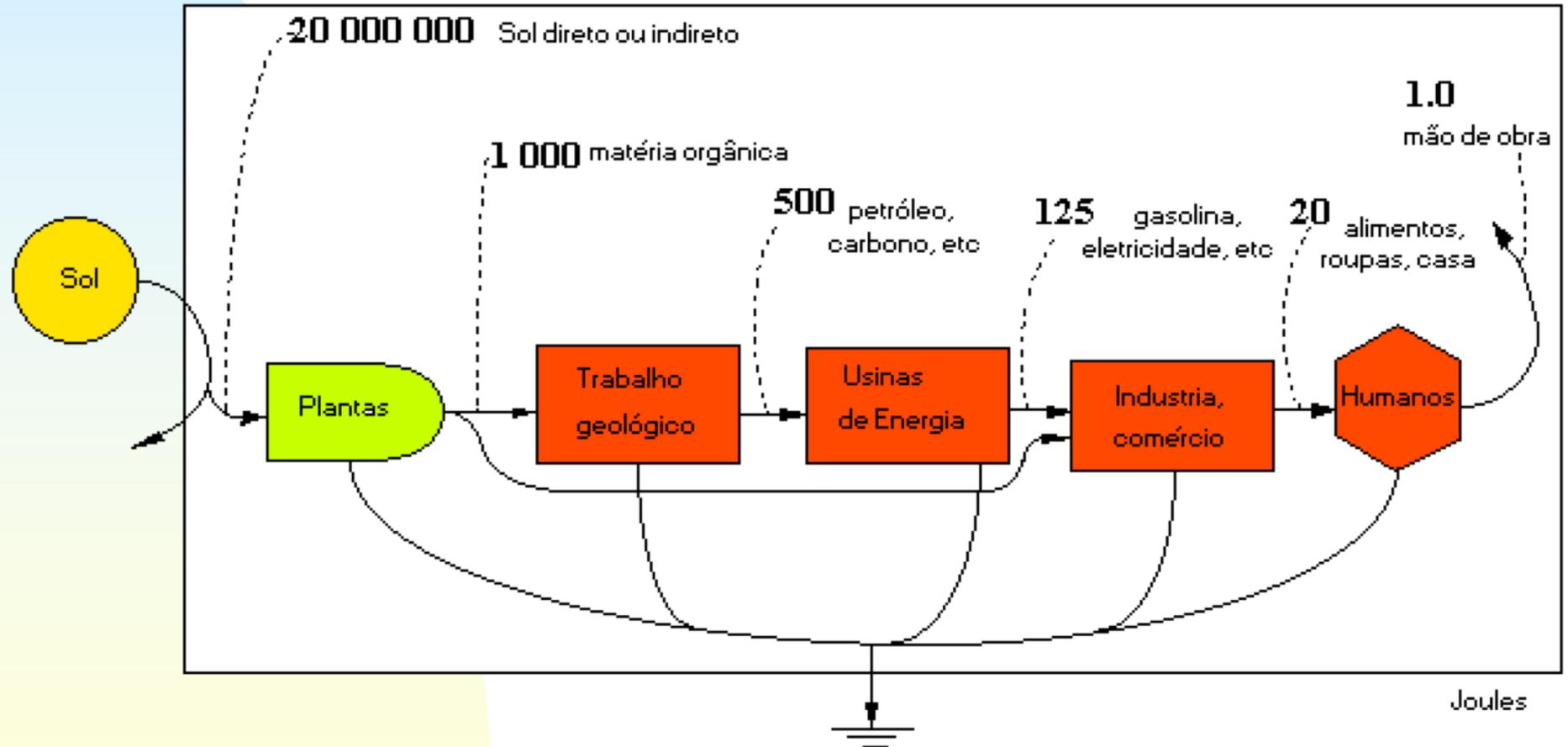


Hierarquia

- Todos os sistemas são organizados como hierarquias
- Muitos pequenos componentes e poucos componentes de maior porte



FLUXO DE ENERGIA

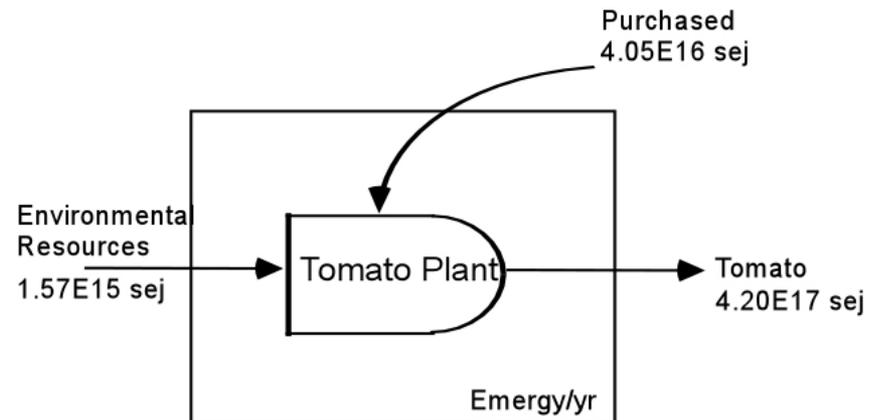
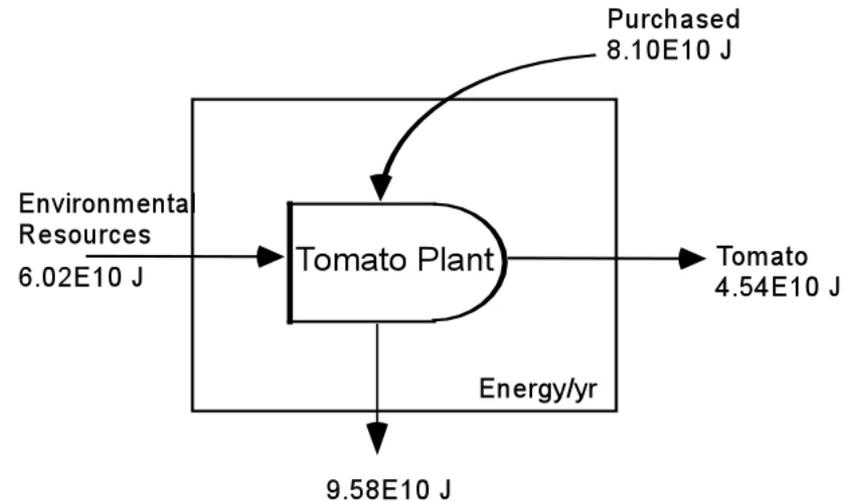


Qualidade de Energia

- **Energia** = energia exigida direta ou indiretamente para fazer alguma coisa
- Tudo que foi necessário para produzir alguma coisa
- Memória energética
- Expresso em energia solar = seJ (solar em Joules)

Energy Calculations

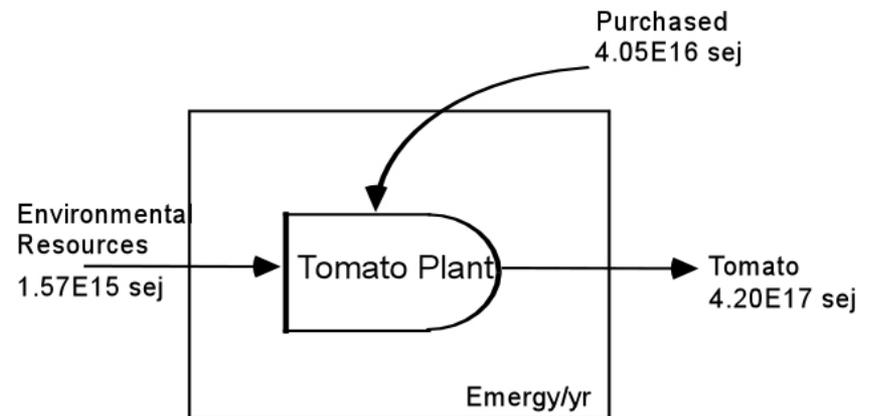
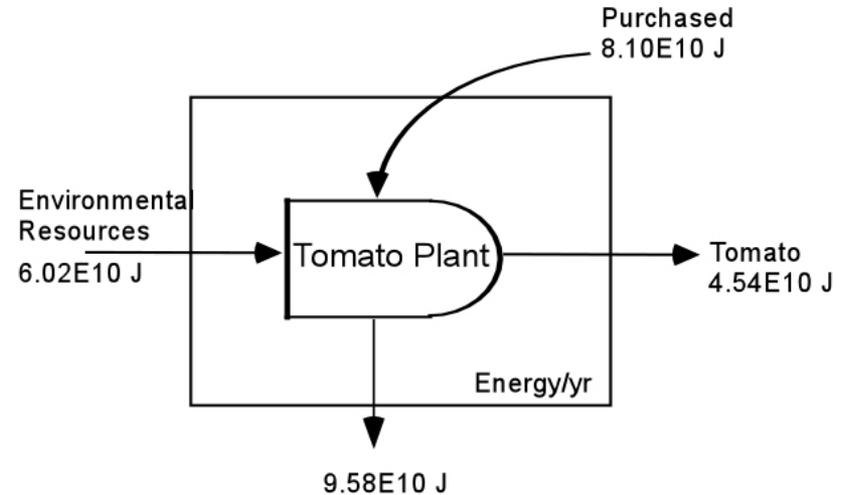
- Energy versus energy
- Multiply energy by unit energy ratios
- Unit energy ratios used here
 - ◆ Environmental average: $2.61E4$ sej/J
 - ◆ Purchased average: $5E5$ sej/J



Energy Calculations

■ Transformidade

- ◆ Use known unit energy ratios for inputs
- ◆ Divide total energy inputs by output energy or mass



$$\text{Tomato Transformity} = \frac{4.20E17 \text{ sej}}{4.54E10 \text{ J}} = 4.78E6 \text{ sej/J}$$



METODOLOGIA EMERGÉTICA

METODOLOGIA EMERGÉTICA

CÁLCULO

- Para comparar diferentes formas de energia e matéria, são necessários cálculos de transformação, que convertem estes elementos em uma “*moeda comum*”. Esta moeda foi definida com base na fonte primária de energia, que é a luz solar, e denominada como Joules de Energia Solar ou *eMergia*.

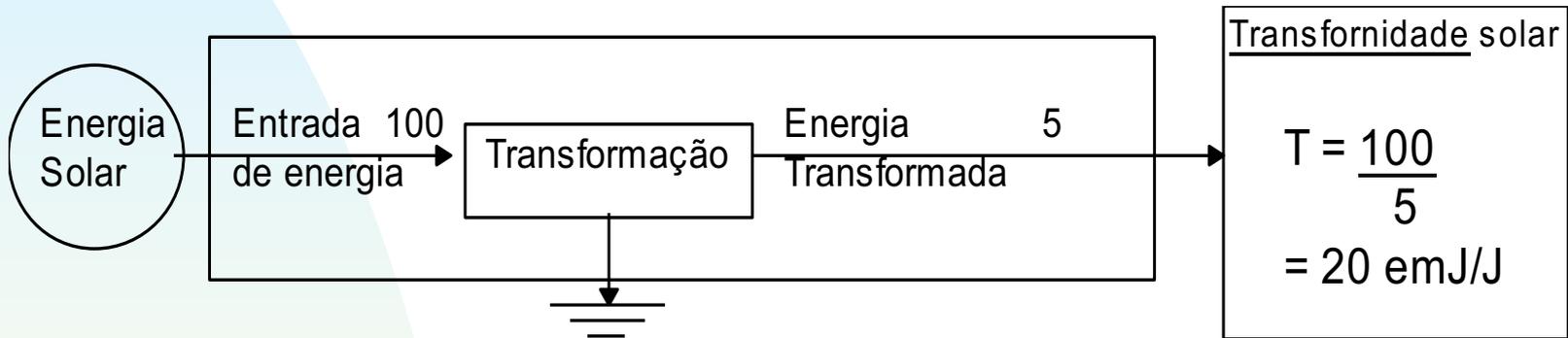
METODOLOGIA EMERGÉTICA

- ◆ Metodologia emergética considera dois tipos de fluxos de energia:
 - ✦ As contribuições da natureza
 - ✦ O fornecimento de insumos e trabalho humano da economia
- Como todos os fluxos são colocados em termos de energia solar incorporada (energia solar) podemos agregar fluxos e fazer comparações

METODOLOGIA EMERGÉTICA

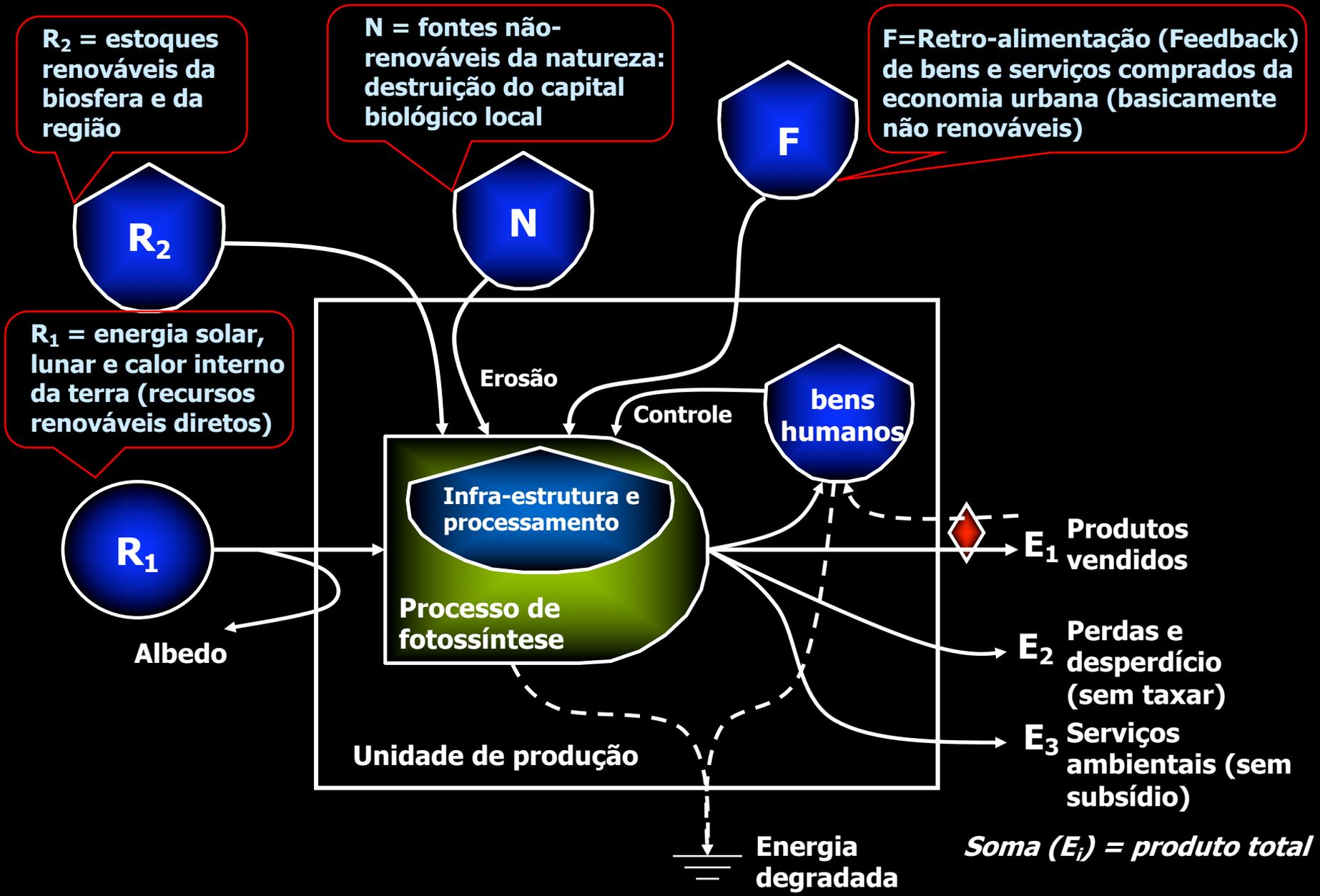
- ◆ **Emergia:** é a energia disponível, previamente utilizada, para produzir um certo produto ou serviço – é o custo energético
- A emergia de um tipo que corresponde à energia de outro tipo denomina-se Transformidade (fator de conversão de energia em emergia)

METODOLOGIA EMERGÉTICA



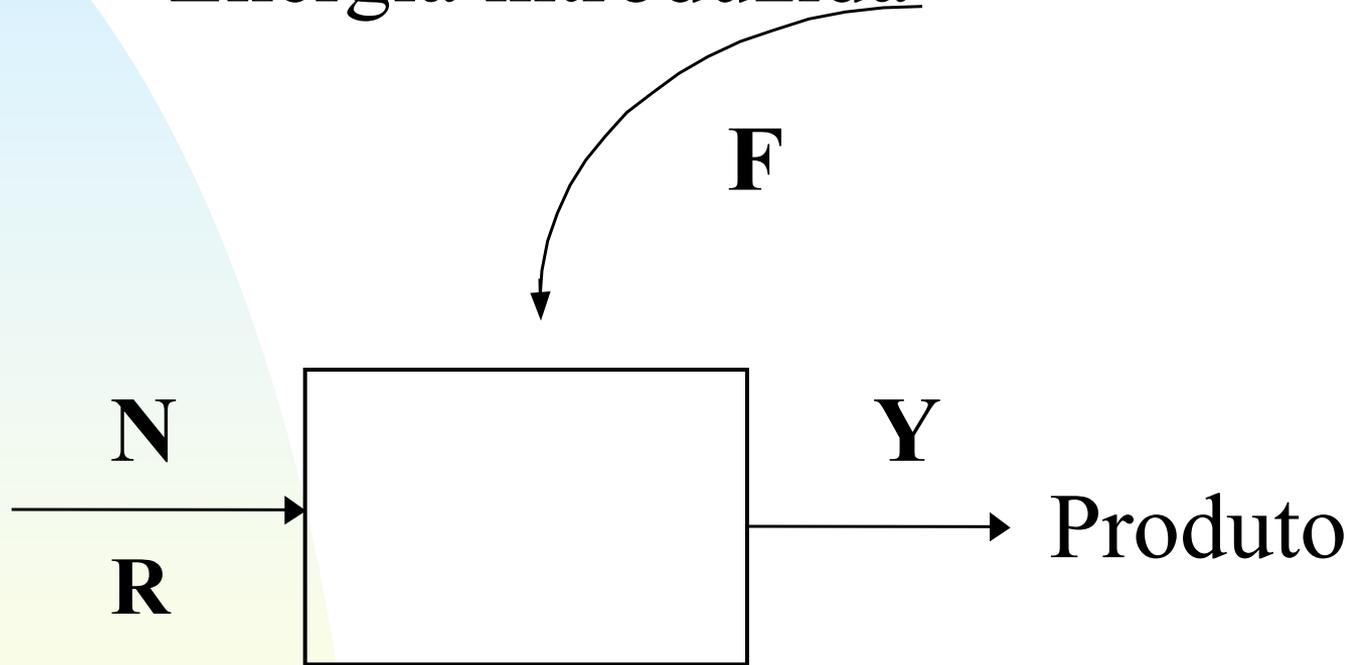
Análise (Síntese) Emergetica

- 1. Elabora-se um diagrama do sistema - identificando os principais componentes, entradas, saídas, fluxos e estoques internos
- 2. Prepara-se uma tabela:
 - ◆ Quantidades de energia, material e trabalho no tempo (fluxos no tempo)-
 - ◆ Dados são transformados em fluxos de energia, e então somados



METODOLOGIA EMERGÉTICA

Energia introduzida



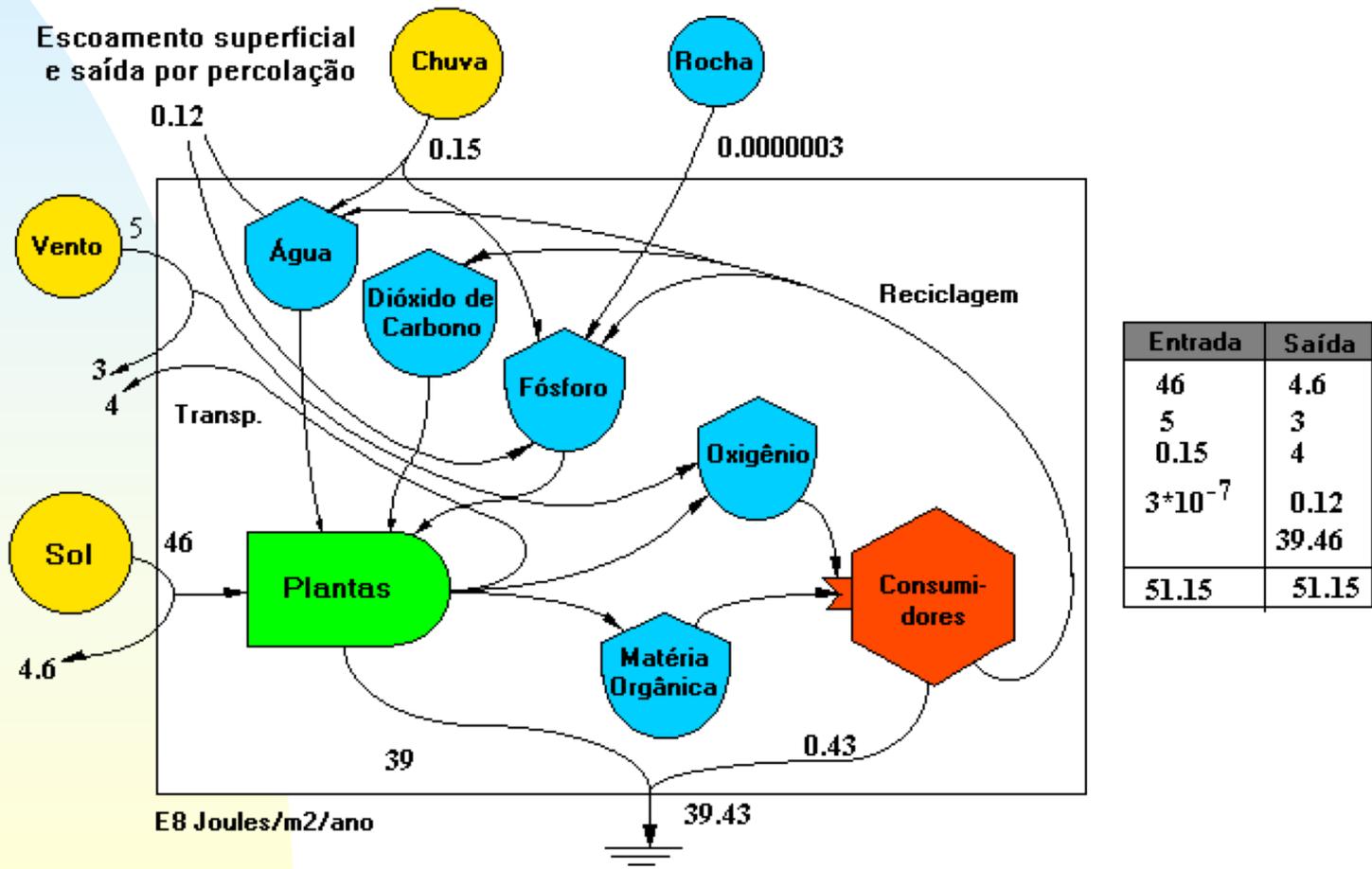
METODOLOGIA EMERGÉTICA

- **Quantificar os fluxos de energia do sistemas**
- **Mostrar a dependência do produto das diversas fontes de energia (naturais ou fósseis)**
- **Discutir a interação entre a economia e os ecossistemas**
- **Quantificar a sustentabilidade**

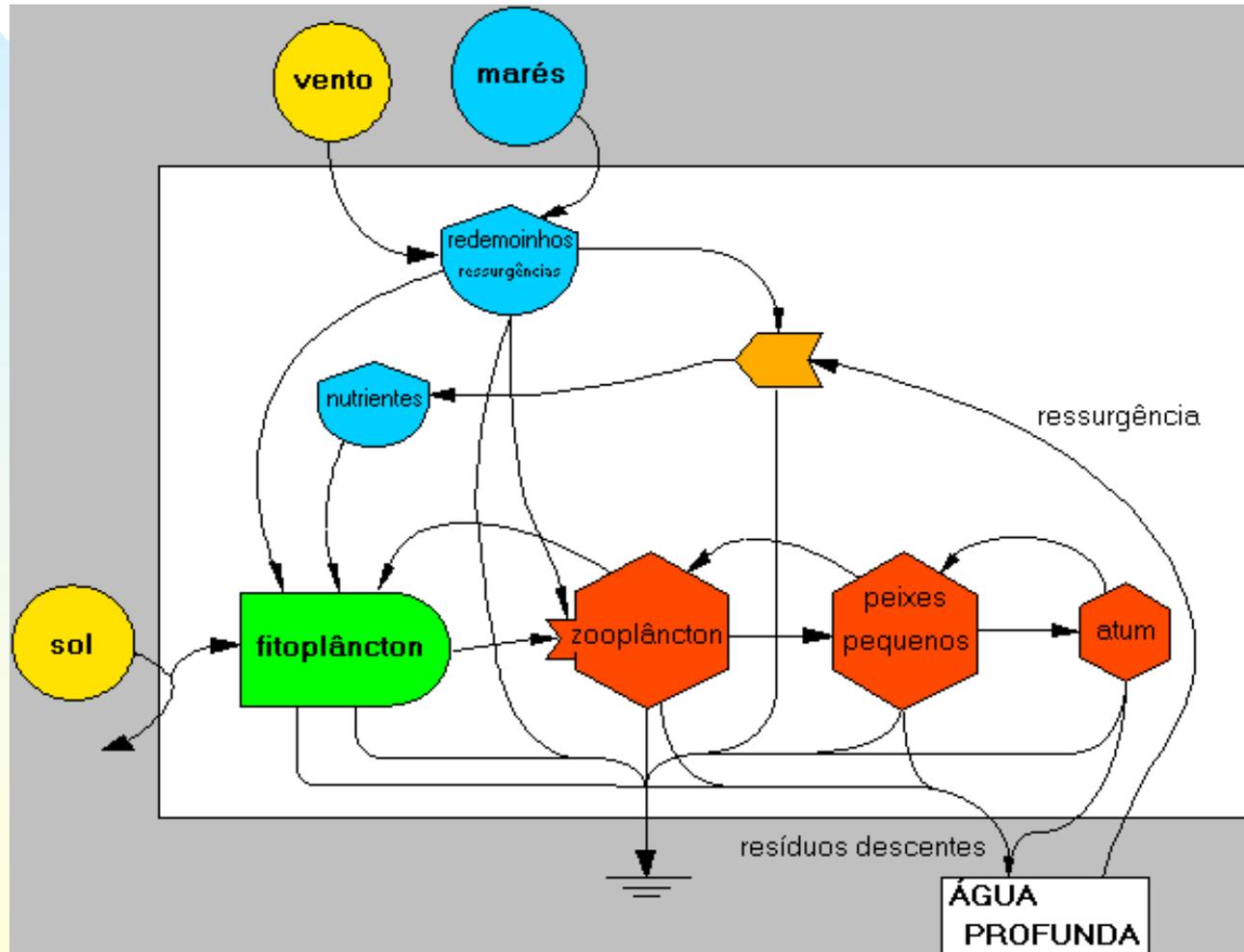


EXEMPLOS

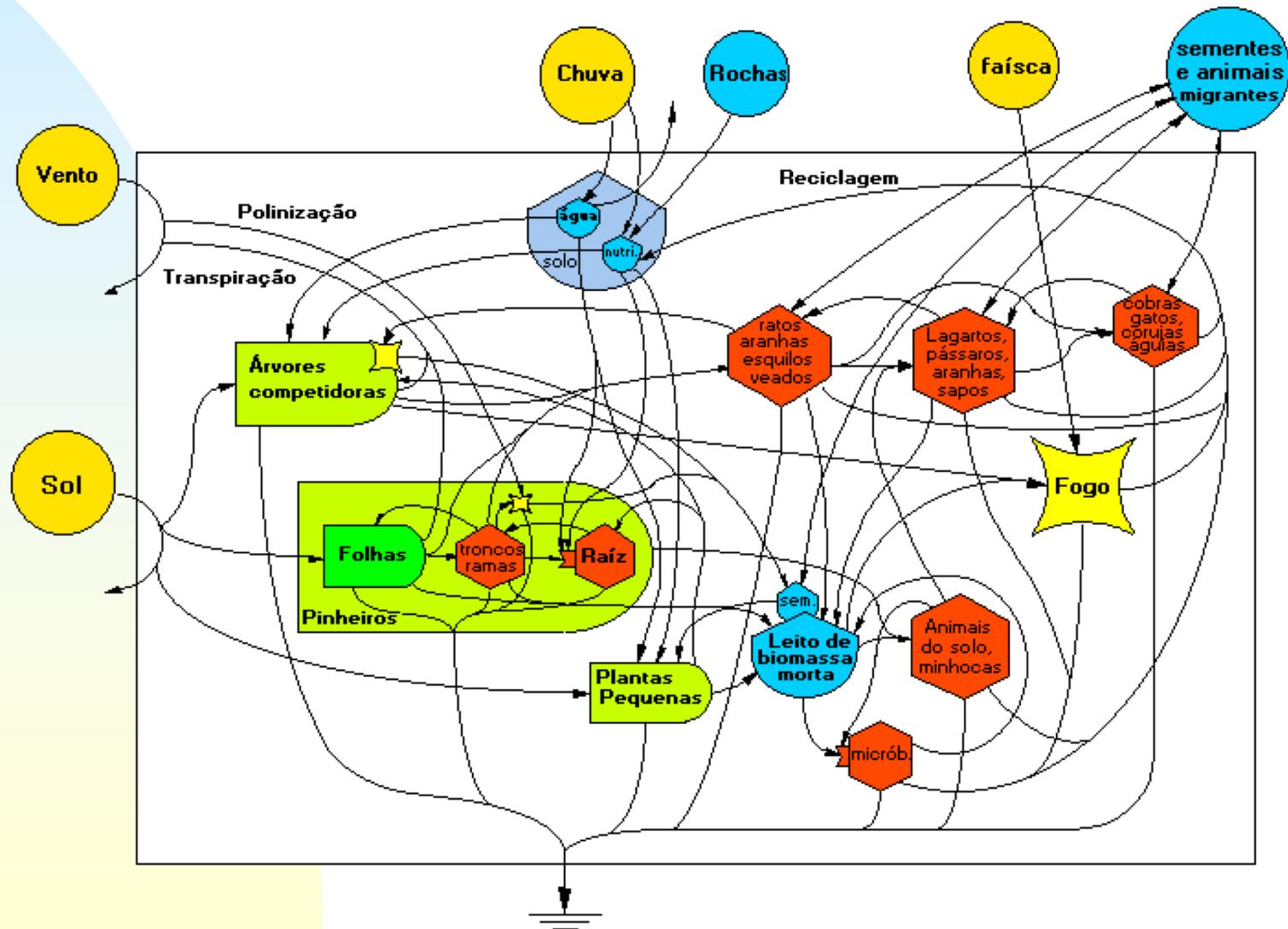
Ciclagem de Energia e Nutrientes na Floresta



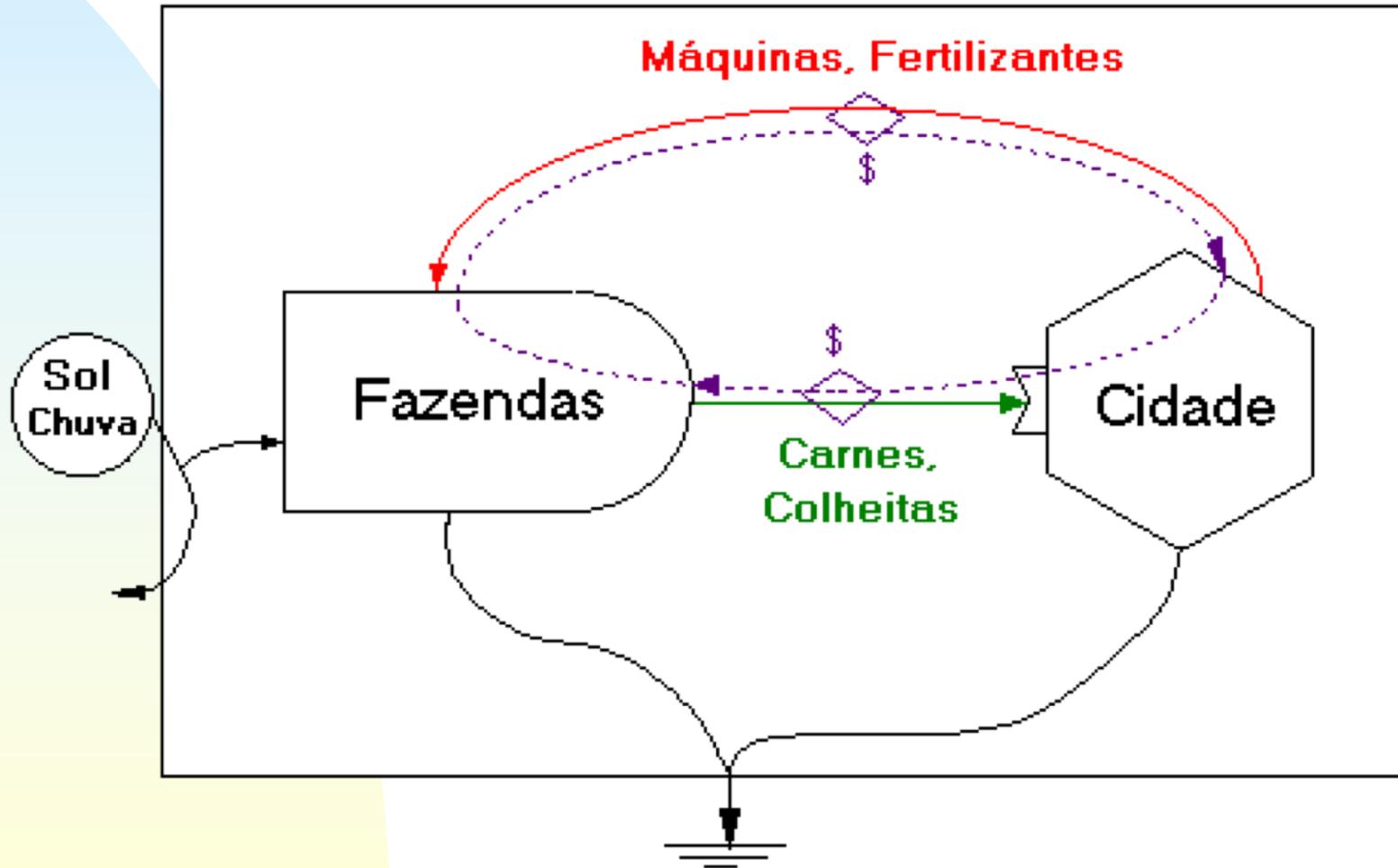
Ambiente Marinho



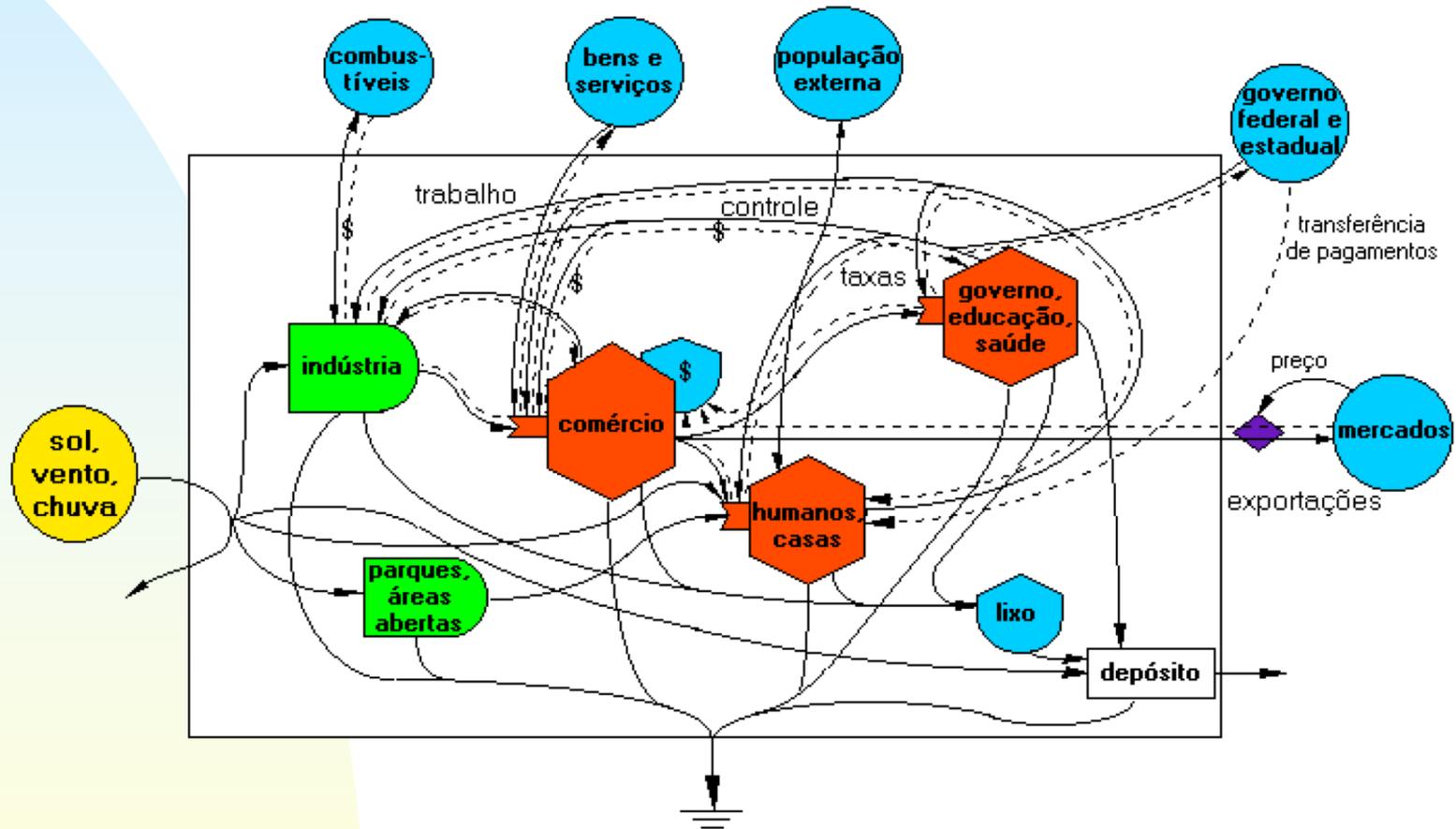
Uma Floresta de Pinheiros



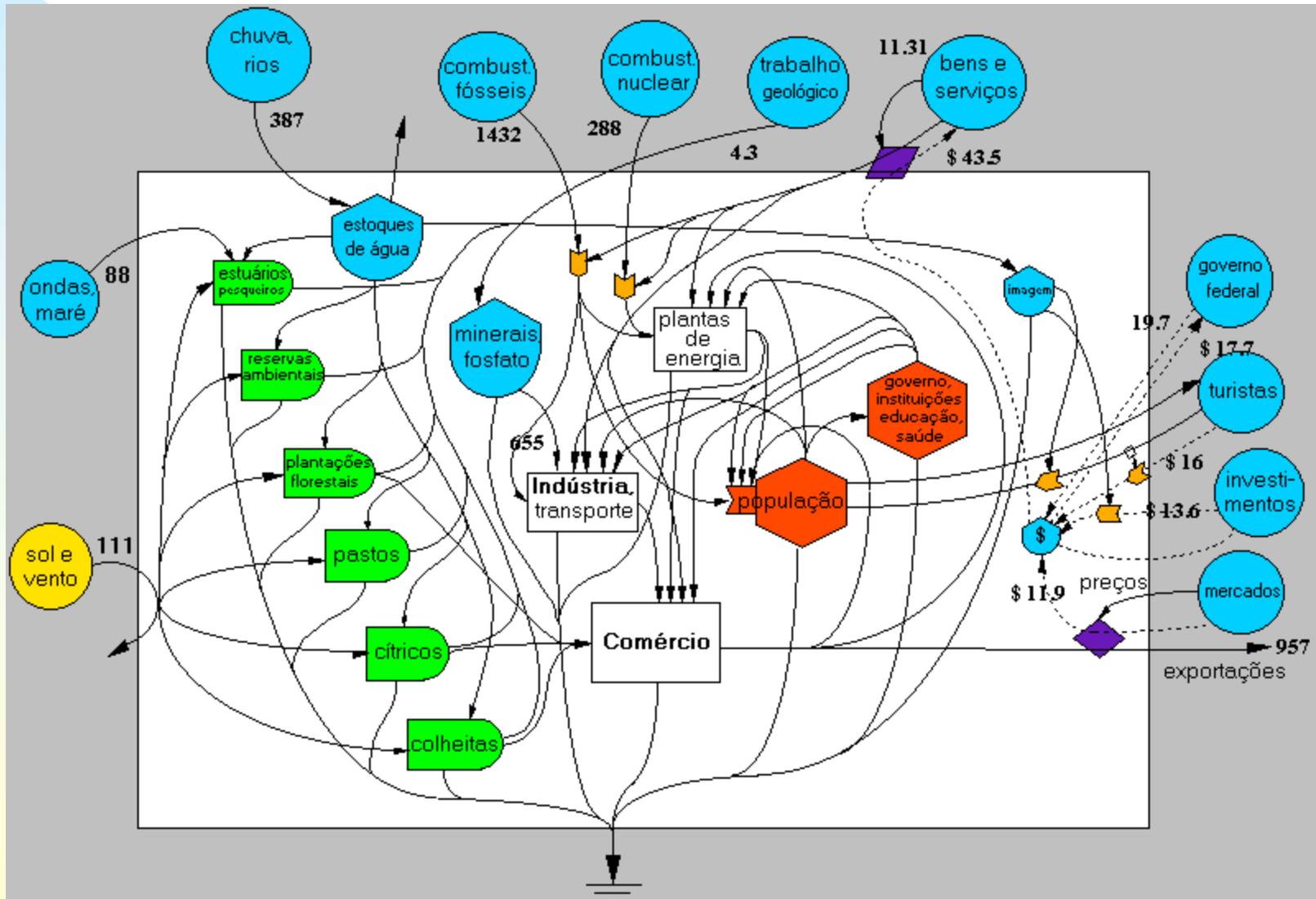
FLUXO DE DINHEIRO



Ambiente Urbano



Estado



Questões

Qual é a relação entre ecologia de sistemas e economia ecológica ?

O valor dado pela ecologia de sistemas permite integrar os sistemas econômicos e ecológicos?