LEB 244

Emergia

(com “m” mesmo)

Prof. Thiago L. Romanelli

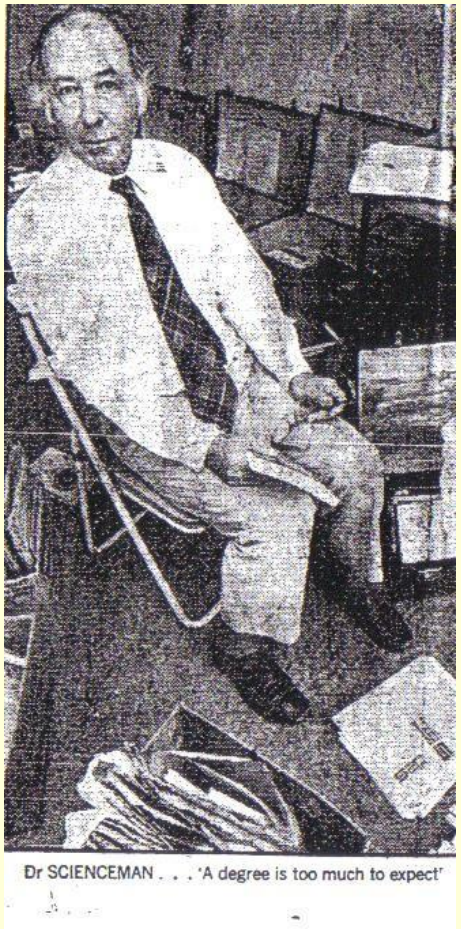
Howard T. Odum



1924-2002

- Ecological modeling
- Ecological engineering
- Ecological economics
- General systems theory

David Scienceman


Dr SCIENCEMAN . . . 'A degree is too much to expect'

Criador do termos emergia

David Slade até 1972

Troca de nome foi experimento para criar um movimento de políticos cientificamente conscientes

Título a quem pertencente ao Scientific party seria Sciencemate

Crença de Scienceman

“Dr. Scienceman believes **it is possible to measure anything, even money, in terms of its embodied energy.** "To operate a supply of banknotes you've got to have a very large commercial organization. You've got to have banks, you've got to have printing houses. They themselves consume a large amount of energy". **By comparing the money flow with the energy flow, which has been broken down to mathematical units, "we can say that a dollar is equivalent to so many units of embodied energy.“**

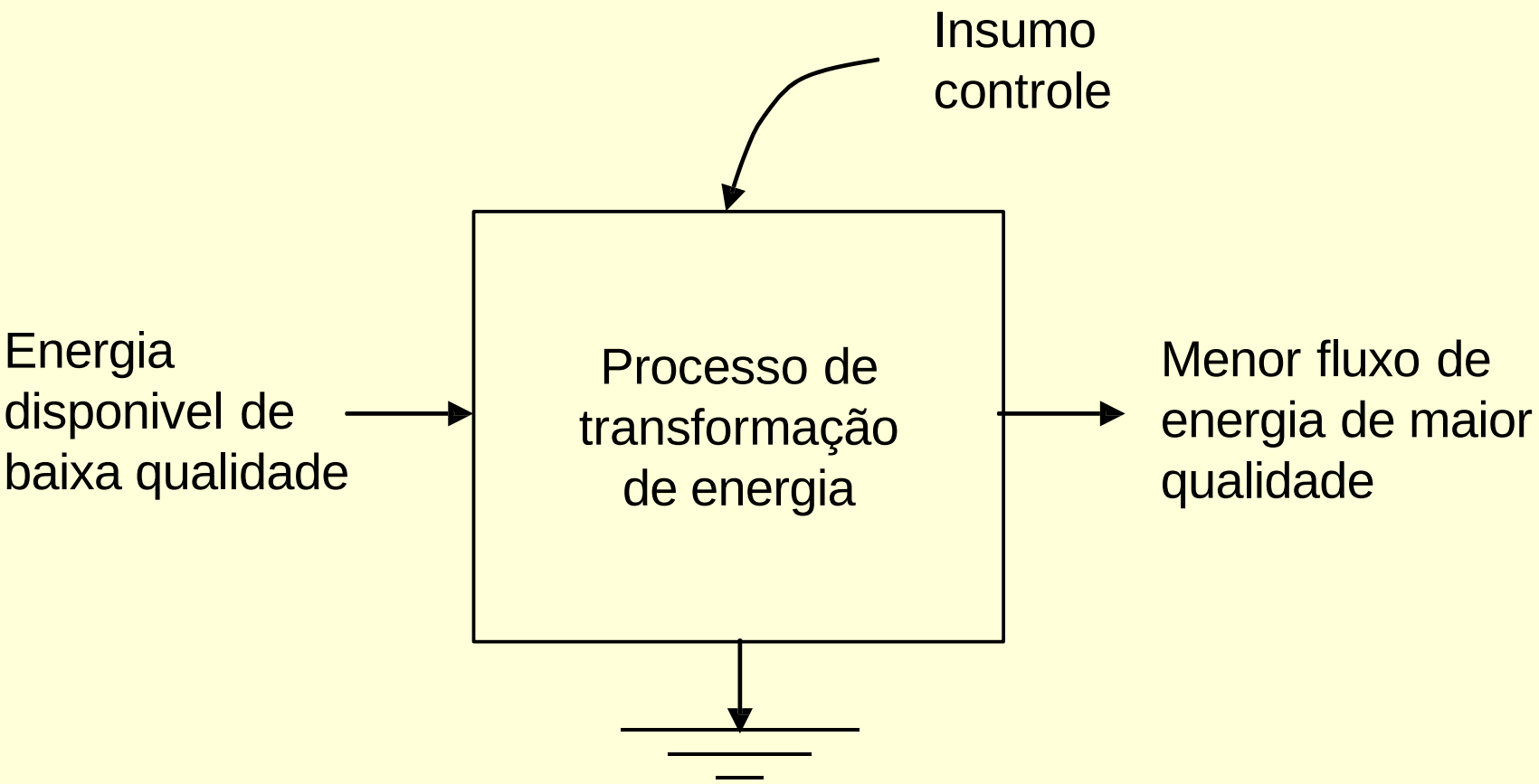
. Cadzow (1984) Dr Scienceman's brave new word, The Australian, Newspaper Article, Tuesday, May 15, p. 7.

Surgimento da Nomenclatura

“I write as the author of the nomenclature **'emergy, empower, emdollar, embit, energy memory and the maximum empower principle'...**”

Carta de Scienceman ao Editor da Ecological Engineering

Processos


Insumo
controle
Energia
disponivel de
baixa qualidade
Processo de
transformação
de energia
Menor fluxo de
energia de maior
qualidade

Emergia

Energia disponível de um tipo previamente requerida direta e indiretamente para obter um produto ou serviço (unidades: emjoules, emquilocalorias, etc.)

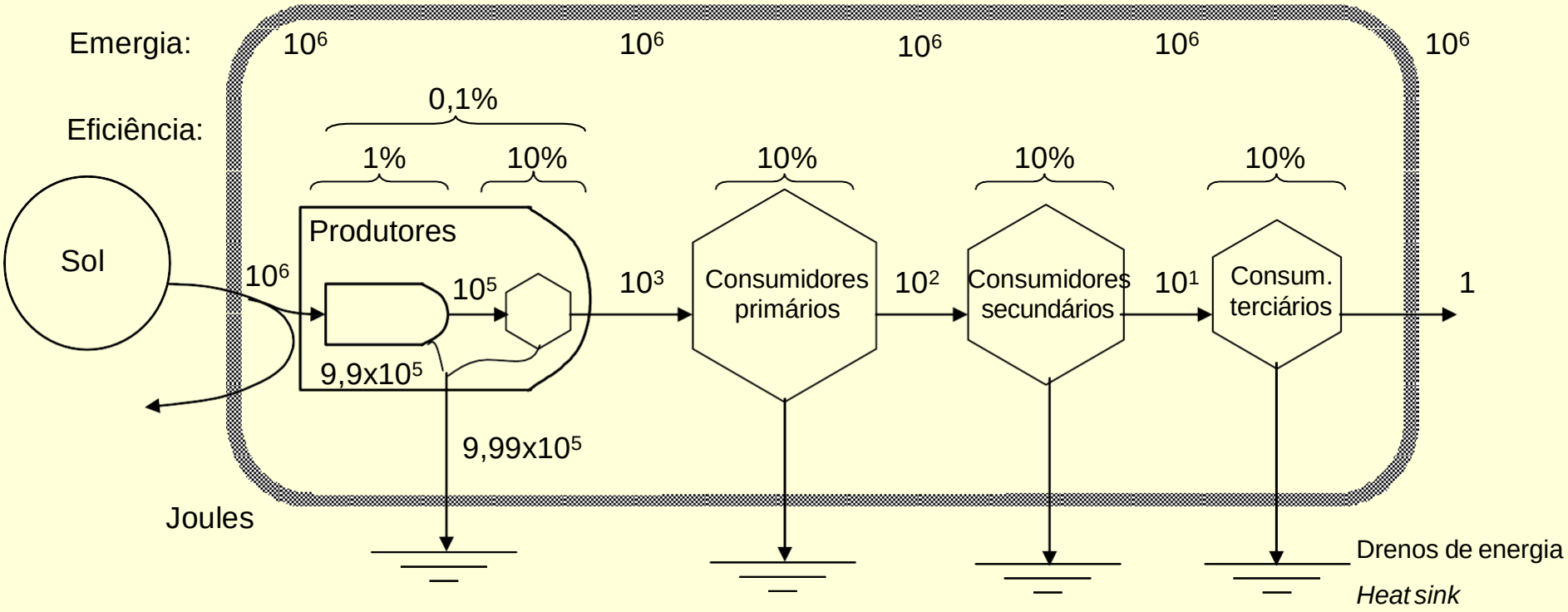
Indicadores

Transformidade (sej/J) = emergia por unidade de energia disponível de um tipo

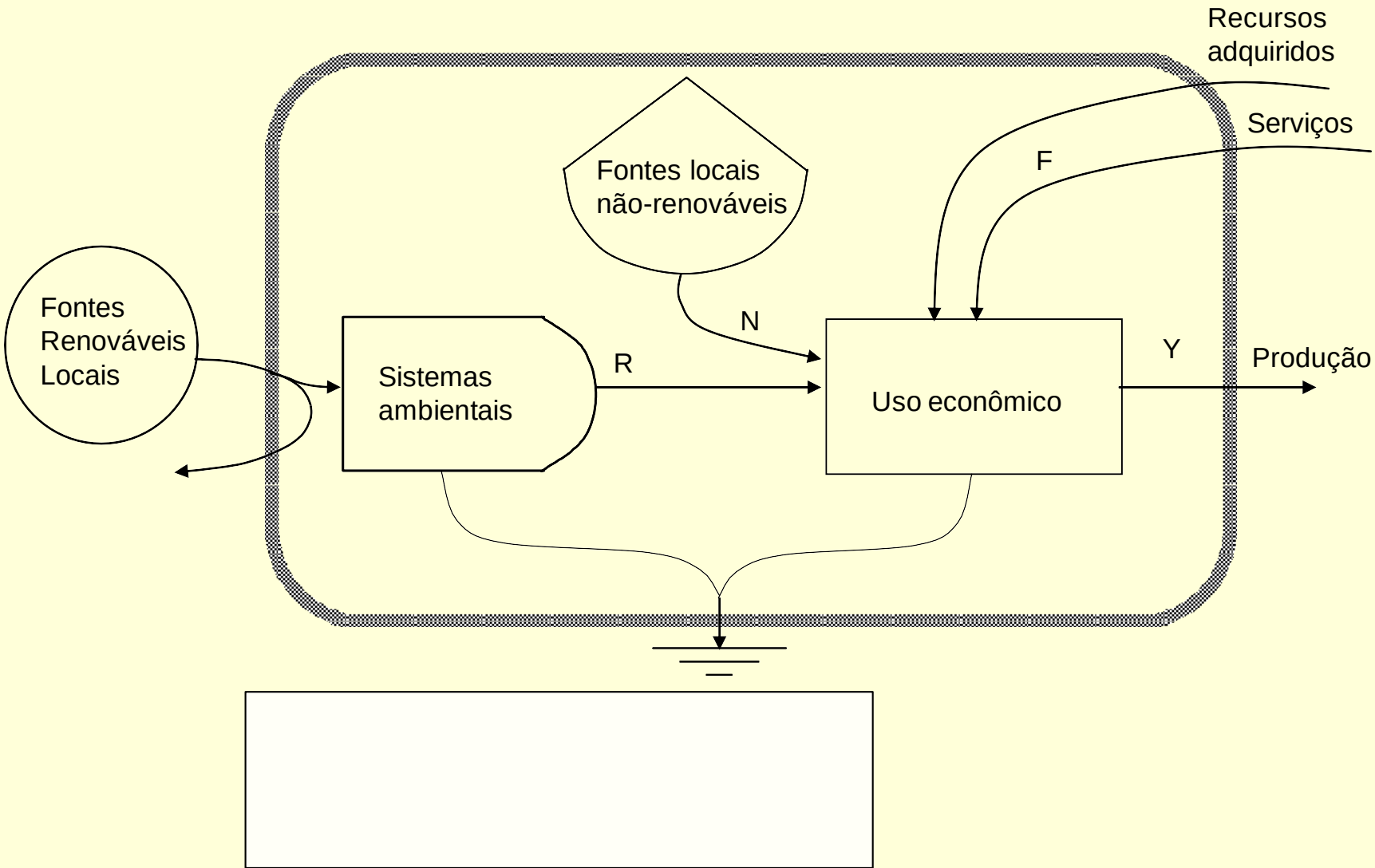
Unit emergy value (sej/L, sej/kg) = emergia por massa, volume

Emdollar ratio (sej/$) = emergia por moeda

Processos


Emergia:
10^6
10^6
10^6
10^6
10^6
Eficiência:
0,1%
1%
10%
10%
10%
10%
Sol
Produtores
10^6
10^5
10^3
Consumidores primários
10^2
Consumidores secundários
10^1
Consum. terciários
1
$9{,}9x10^5$
$9{,}99x10^5$
Joules
Drenos de energia
Heat sink

Processos


Recursos
adquiridos
Serviços
F
Fontes locais
não-renováveis
Fontes
Renováveis
Locais
N
R
Sistemas
ambientais
Uso econômico
Y
Produção

Base anual

- Quais as fontes de energia que regem o planeta?

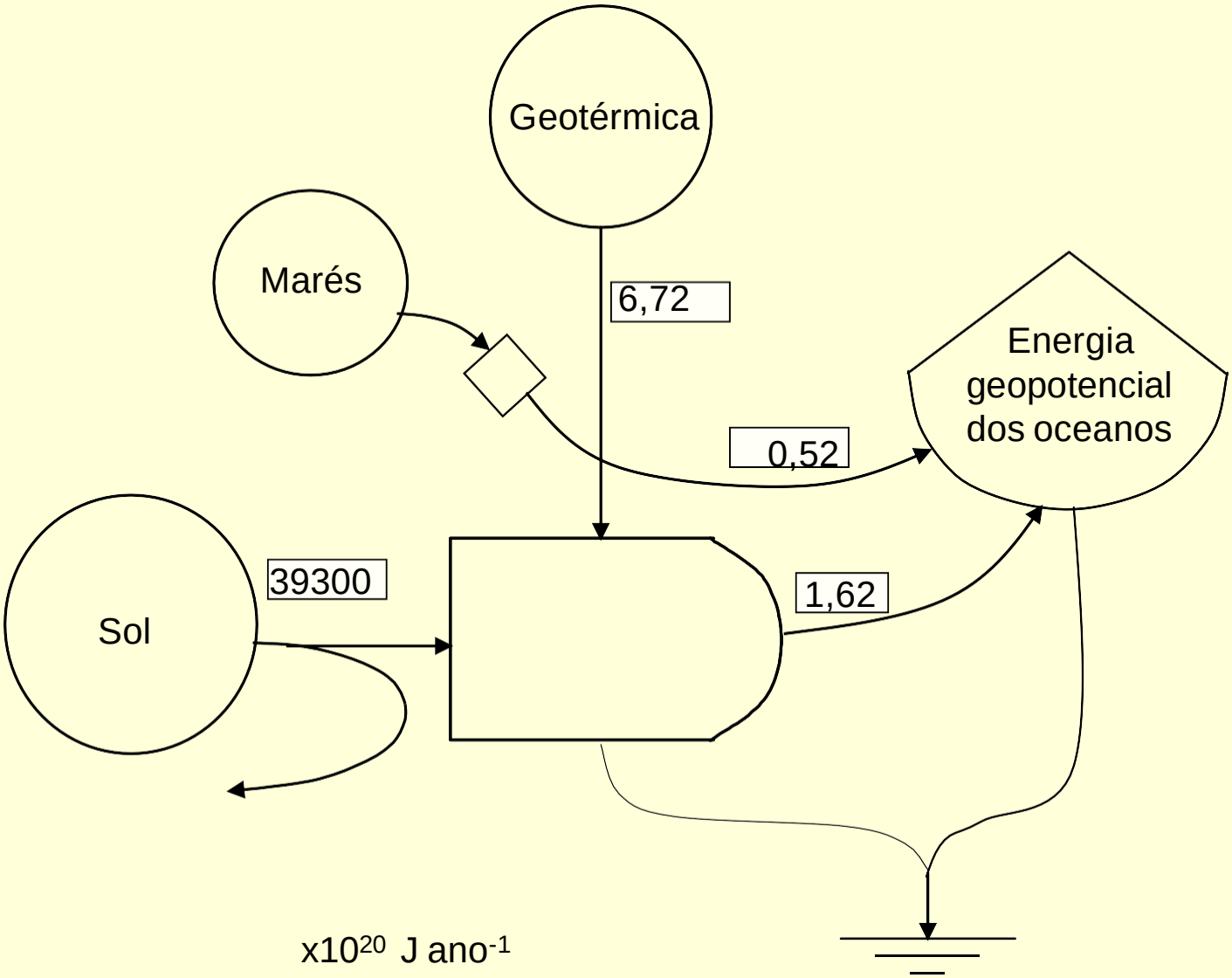
- Como quantificar?????

Base anual

- Quais as fontes de energia que regem o planeta?

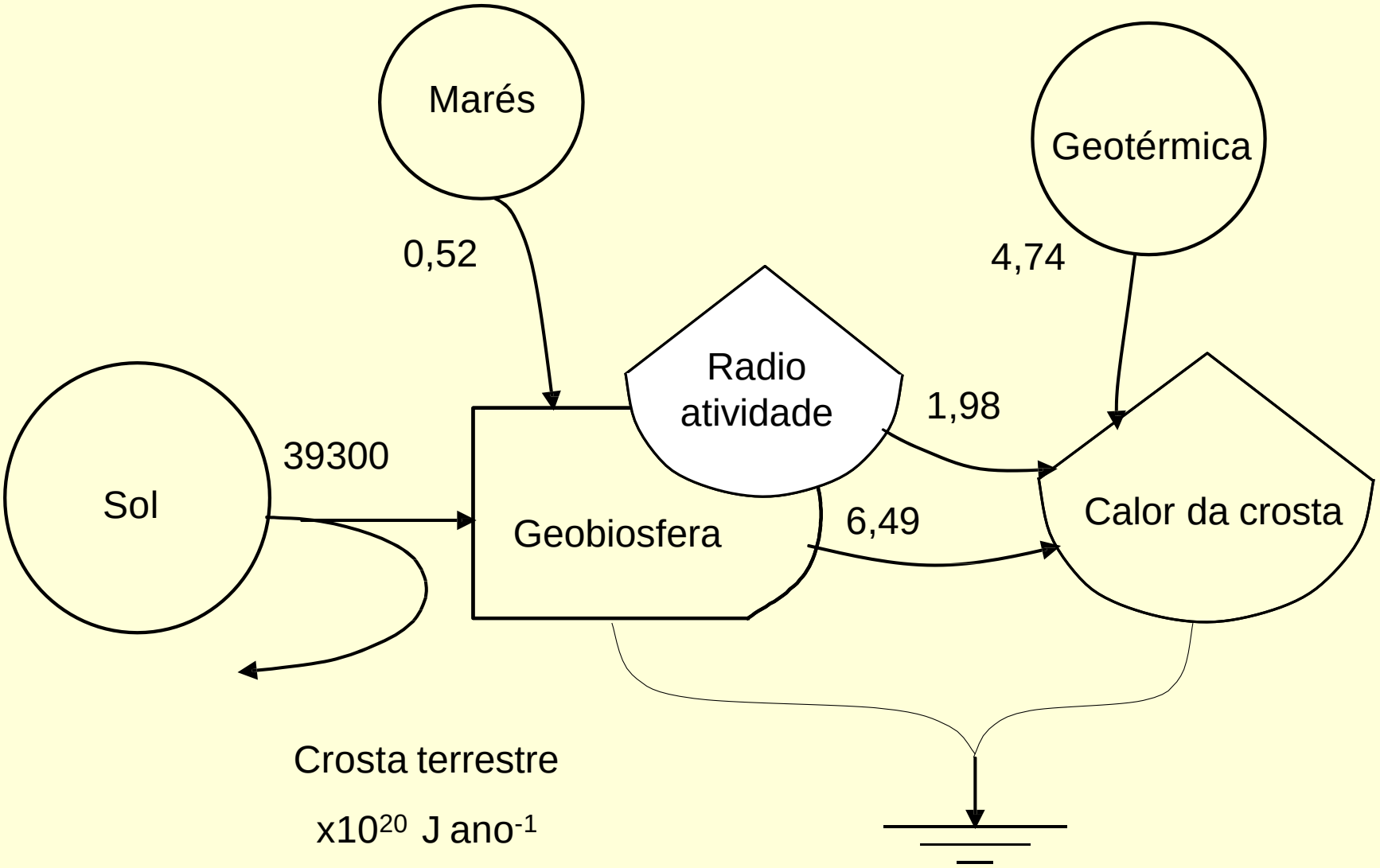
- Sol
- Geotérmica
- Marés

Base anual



$x10^{20}$ J ano^{-1}

Base anual – Energia para a Biosfera



Base anual

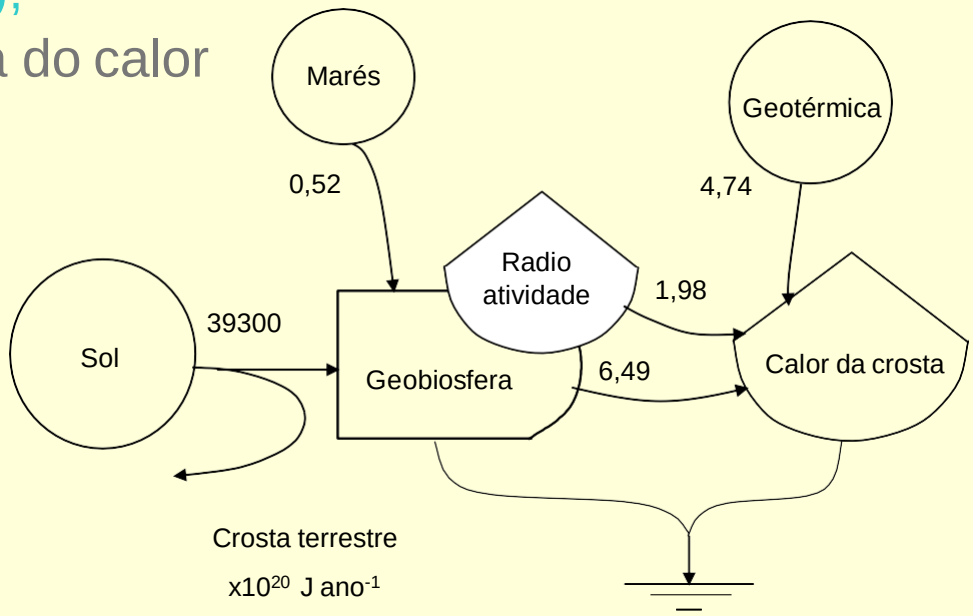
- Transformidades das fontes são diferentes!

Base anual – Energia Superfície

39330 E20 J/yr * 1 sej/J + 0,52 E20 J J/yr * **Trt** = 6,49 E20 J J/yr * **Trh**
(Eq.1)

Onde:

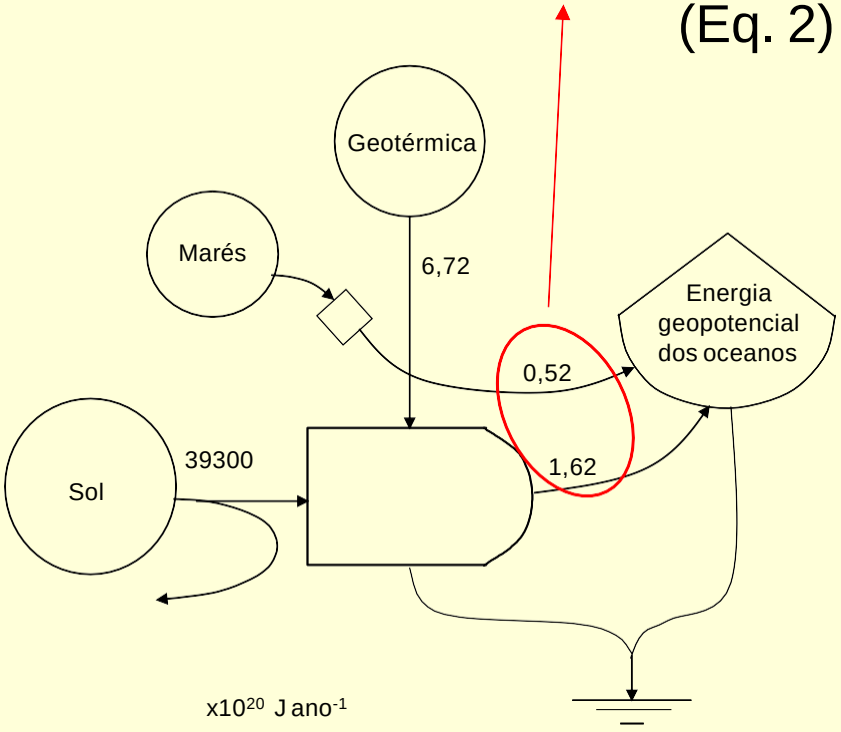
- 39330 E20 é o fluxo de energia emitido pelo sol (J/ano);
- 1 é a UEV da energia solar por convenção (sej/J);
- 0,52 E20 é o fluxo de energia das marés (J/ano);
- Trt é a UEV das marés (sej/J);
- 6,49 E20 é o fluxo de energia do calor da geobiosfera (J/ano);
- Trh é a UEV do calor gerado pela geobiosfera (sej/J).



Base anual – Energia Oceano

A soma da emergia solar, da emergia das marés e da emergia geotérmica resulta na emergia geopotencial dos oceanos, tem-se a Equação 2.

(39300 E20 * 1,0) + (0,52 E20 * Trt) + (6,72E20 * **Trh**) = (2,14E20 * **Trt**) (Eq. 2)



Com 2 variáveis e 2 equações...

(6,72E20 * Trh) = (2,14E20 * Trt) – (6,49E20 * Trh) (Eq. .3)

Assim a UEV para maré encontrada é (Equação 4).

Trt = 6,17 Trh (Eq.4)

Substituindo-se Eq. 4 na Eq. 1, obtém-se a transformidade do calor da crosta (Eq. 5).

Trh = 11981 sej/J (Eq. 5)

Com o valor para o calor emitido pela crosta terrestre, determina-se a transformidade das marés (Eq. 6)

Trt = 6,17*11945 = 73923 sej/J (Eq. 6)

Eis o orçamento emergético do planeta

Nota	Fluxo	UEV sej J^{-1}	Fluxo de emergia E24 sej ano^{-1}
1	**Energia solar absorvida**	**1**	**3,93**
2	**Fontes de calor da crosta**	**1,20E4**	**8,06**
3	**Energia absorvida das marés**	**7,37E4**	**3,83**
	Emergia total anual da Terra	**-**	**15,83**

Análise ou Síntese?

Análise:

Método de demonstração em que se parte dos princípios para as conseqüências, das causas para os efeitos, das partes para o todo: a síntese opõe-se à análise.

Síntese:

Ato ou efeito de analisar; decomposição de um todo em suas partes constituintes.

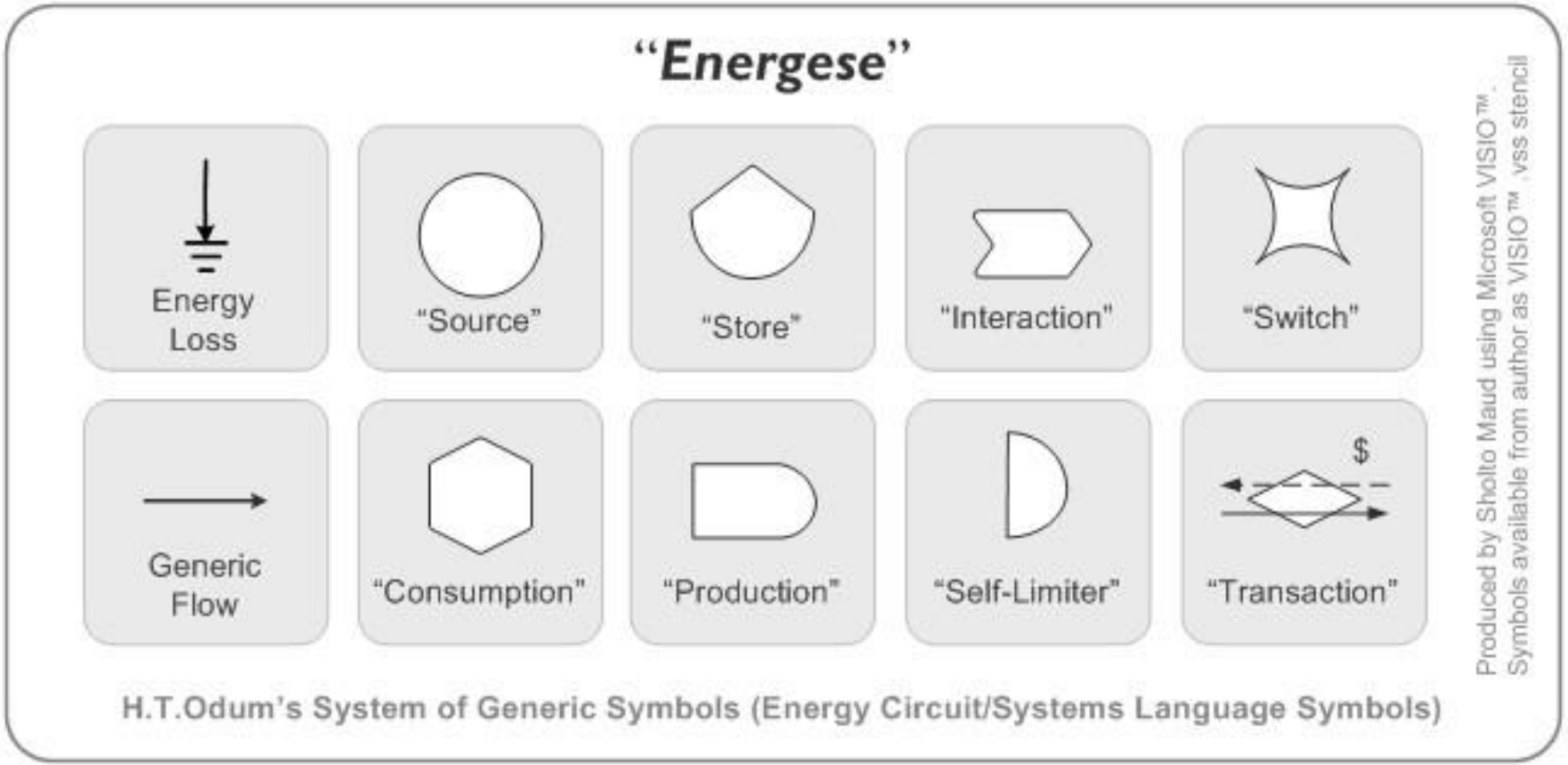
Emergia

Passos para se avaliar a emergia

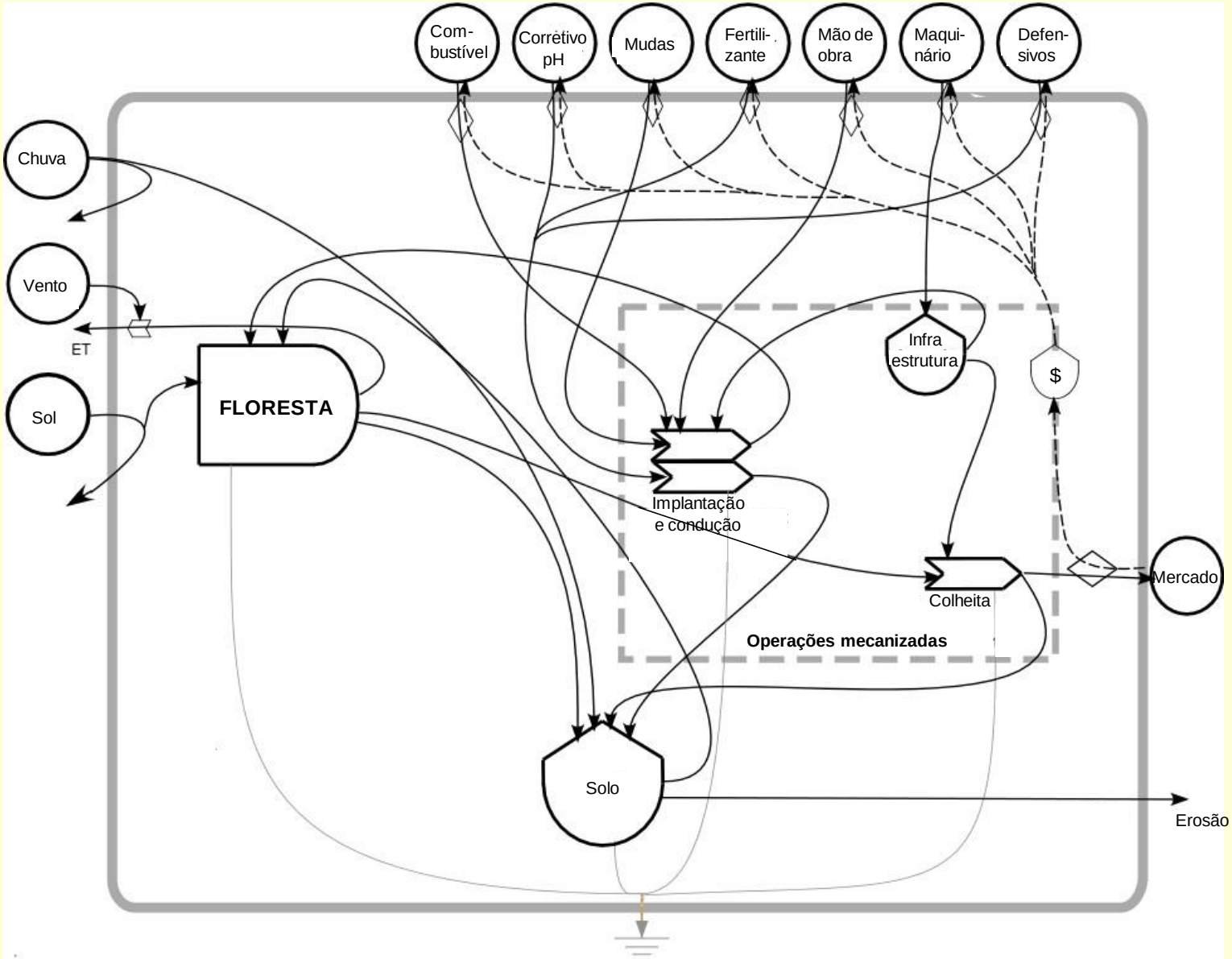
1. Conhecer o sistema e identificar suas entradas e saídas, bem como as interrelações existentes no sistema. Diagrama

2. Organizar a tabela de fluxos e transformidades

Linguagem energética



Diagrama


Com-
bustível
Corretivo
pH
Mudas
Fertili-
zante
Mão de
obra
Maqui-
nário
Defen-
sivos
Chuva
Vento
ET
Sol
FLORESTA
Infra
estrutura
$
Implantação
e condução
Colheita
Mercado
Operações mecanizadas
Solo
Erosão

Tabela

1	2	3	4	5	6
Nota	Item	Dados	Unidades	Transformidade sej/unidade	Emergia solar E15 sej/ano
1.	Item 1	xxx,x		xxx,x	xxx,x
2.	Item 2	xxx,x		xxx,x	xxx,x
...					
n.	Item n	xxx,x		xxx,x	xxx,x
O.	Output	xxx,x		xxx,x	$\sum_{n}^{1} Em$

Tabelas

Tabela 3.1 – Síntese de emergia para plantações de eucalipto (rotação de 7 anos)

Nota	Insumo	Quantidade unidade ha^{-1}	Unidade	UEV sej $unidade^{-1}$	Fluxo de emergia Por rotação E12 sej ha^{-1}	Fluxo de emergia Por Ano E12 sej ha^{-1} ano^{-1}
Fontes ambientais						
1	Evapotranspiração	3,85E11	J	30576	11775,50	1682,21
2	Erosão	70000	g	7,18E08	25,22	3,60
Entrada						
3	Combustível	529,2	l	3,85E12	2038,18	291,17
4	Maquinário	14,8	kg	6,70E12	99,35	14,19
4	Mão de obra	231,4	h	5,89E12	1362,26	194,61
6	Fertilizante 1	260,0	kg	4,63E12	1202,95	171,85

1. UEV para evapotranspiração = 2,91E4 sej J^{-1} Brown e Bardi (2001) citando Doherty (1995), Evapotranspiração = (7796 mm ha^{-1}) * (1E4 L mm^{-1} ha) * (1 kg L^{-1}) * (4,94E3 J kg^{-1}).

3.UEV para combustível (ODUM, 1996) = (1,32E8 J $galão^{-1}$) * (1 galão 3,8 L^{-1}) * (1,1E5 sej J^{-1}) = 3,85E7 sej L^{-1}.

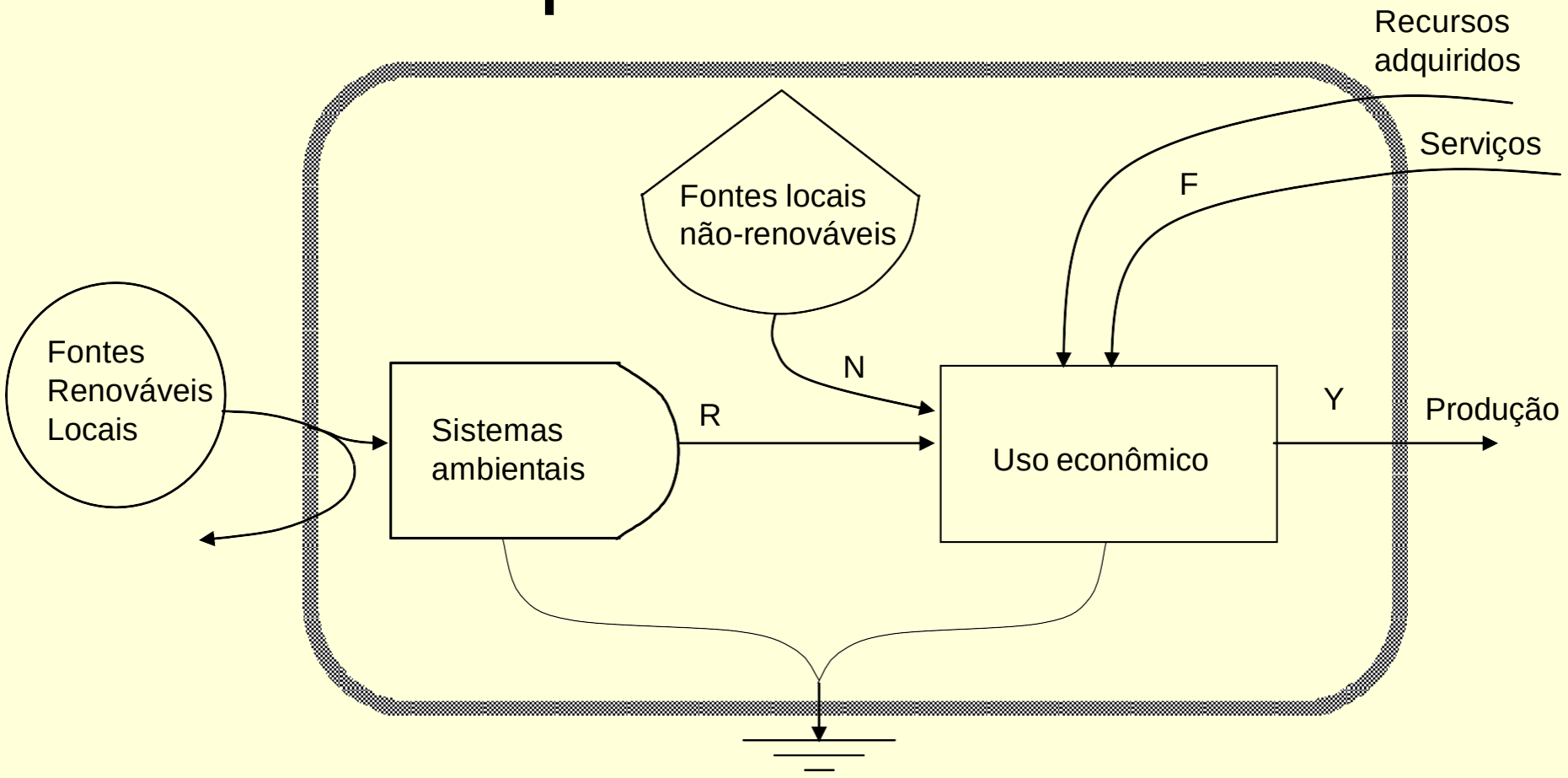
4.UEV para depreciação emergética de maquinário = (6,7E9 sej g^{-1}), Brown e Bardi (2001) citando Doherty (1995), Por kg = (6,7E9 sej g^{-1}) * (1000 g kg^{-1}) = 6,70E12 sej kg^{-1}.

6. UEVs: K_2O = 2,92E9 sej g^{-1} K (ODUM, 1996) * 83%K K_2O^{-1}, P_2O_5 = 2,99E10 sej g^{-1} P (ODUM, 1996) * 43,7% P $P_2O_5{}^{-1}$, N = 7,7E9 sej g^{-1} N (ODUM, 1996), 06-30-10 tem 6% N, 30% P_2O_5 e 10% K_2O; e 14-00-15 tem 14% N e 15% K_2O.

Nota	Insumo	Quantidade unidade ha^{-1}	Unidade	UEV sej $unidade^{-1}$	Fluxo de emergia Por rotação E12 sej ha^{-1}	Fluxo de emergia Por Ano E12 sej ha^{-1} ano^{-1}
Fontes ambientais						
1	Evapotranspiração	3,85E11	J	30576	11775,50	1682,21
2	Erosão	70000	g	7,18E08	25,22	3,60
Entrada						
3	Combustível	529,2	l	3,85E12	2038,18	291,17
4	Maquinário	14,8	kg	6,70E12	99,35	14,19
4	Mão de obra	231,4	h	5,89E12	1362,26	194,61
6	Fertilizante 1	260,0	kg	4,63E12	1202,95	171,85
6	Fertilizante 2	400,0	kg	1,45E12	578,34	82,62
7	Formicida	1,0	kg	2,49E13	24,86	3,55
8	Fertilizante 3	150,0	kg	1,53E12	229,28	32,75
3	Óleo lubrificante	22,8	l	3,85E12	87,78	12,54
7	Herbicida	7,6	l	2,49E13	188,97	27,00
9	Muda	922,5	unidade	1,71E11	157,75	22,54
10	Água	5556,0	kg	1,26E09	7,00	1,00
11	Calcário	1,0E06	g	1,68E09	1680,00	240,00
Produtos						
12	Biomassa colhida	290,5†	m^3	ST_1	19457,44	2779,63
13		2,16E12§	J	ST_2	19457,44	2779,63

Nota	Insumo	Quantidade unidade ha^{-1}	Unidade	UEV sej $unidade^{-1}$	Fluxo de emergia Por rotação E12 sej ha^{-1}	Fluxo de emergia Por Ano E12 sej ha^{-1} ano^{-1}
Fontes ambientais						
1	Evapotranspiração	3,85E11	J	30576	11775,50	1682,21
2	Erosão	70000	g	7,18E08	25,22	3,60
Entrada						
3	Combustível	529,2	l	3,85E12	2038,18	291,17
4	Maquinário	14,8	kg	6,70E12	99,35	14,19
4	Mão de obra	231,4	h	5,89E12	1362,26	194,61
6	Fertilizante 1	260,0	kg	4,63E12	1202,95	171,85
6	Fertilizante 2	400,0	kg	1,45E12	578,34	82,62
7	Formicida	1,0	kg	2,49E13	24,86	3,55
8	Fertilizante 3	150,0	kg	1,53E12	229,28	32,75
3	Óleo lubrificante	22,8	l	3,85E12	87,78	12,54
7	Herbicida	7,6	l	2,49E13	188,97	27,00
9	Muda	922,5	unidade	1,71E11	157,75	22,54
10	Água	5556,0	kg	1,26E09	7,00	1,00
11	Calcário	1,0E06	g	1,68E09	1680,00	240,00
Produtos						
12	Biomassa colhida	290,5†	m^3	ST_1	19457,44	2779,63
13		2,16E12§	J	ST_2	19457,44	2779,63

Tipos de fluxos



Indicadores:
Emergia total (Y) = R+N+F
Razão de Rendimento Emergético (EYR) = Y/F
Razão de Emergia Investida (EIR) = F/(R+N)
Razão de Carga Ambiental (ELR) = (F+N)/R

Indicadores

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{F + N + R}{F}$$

$$ELR = \frac{(F+N)}{R}$$

$$EIR = \frac{F}{(N+R)}$$

Razão de rendimento emergético (EYR)
emergy yield ratio

$$EYR = \frac{Y}{F}$$

Expressa a emergia total contida no produto (Y) em relação aos recursos adquiridos no mercado (F), externos aos limites do sistema.

É uma medida da agregação de recursos em um produto relativo à contribuição da economia, através dos recursos obtidos no mercado.

É um indicador de retorno de energia sobre investimento (EROI).

O valor obtido indica a contribuição da emergia proveniente do sistema de produção (R, recursos renováveis e N, recursos locais não-renováveis) para a economia, que consome o produto ou serviço.

Quanto maior o valor do índice, melhor é o sistema de produção.

Razão de carga ambiental (ELR)
environmental loading ratio

$$ELR = \frac{(F+N)}{R}$$

- A indica o uso de recursos locais não-renováveis (N) somados aos recursos adquiridos (F) em relação ao uso de recursos renováveis (R).
- É um indicador do impacto esperado no ecossistema devido à atividade produtiva analisada quantificando a renovabilidade do processo, presente nos fluxos envolvidos.

- Quanto menor o valor desse índice mais ambientalmente sustentável será o sistema de produção.

Razão de emergia investida (EIR)
emergy investment ratio

$$EIR = \frac{F}{(N+R)}$$

- Expressa a razão entre os insumos adquiridos externamente ao sistema (F) e os insumos endógenos ao sistema, ambos renováveis e não-renováveis (R+N).
- Estabelece o grau em que o processo está ajustado à economia regional ou a viabilidade de ser uma opção adequada dentre as alternativas.
- Mede a auto-suficiência do sistema no provimento de recursos necessários ao processo produtivo
- Indica também a eficiência com que os recursos exógenos investidos são utilizados.
- Grande valia quando é analisado em um contexto regional, por exemplo, na comparação de valores de EIR para o estado ou país.
- Quanto menor o valor desse índice mais ambientalmente sustentável será o sistema de produção.

Àlgebra emergética

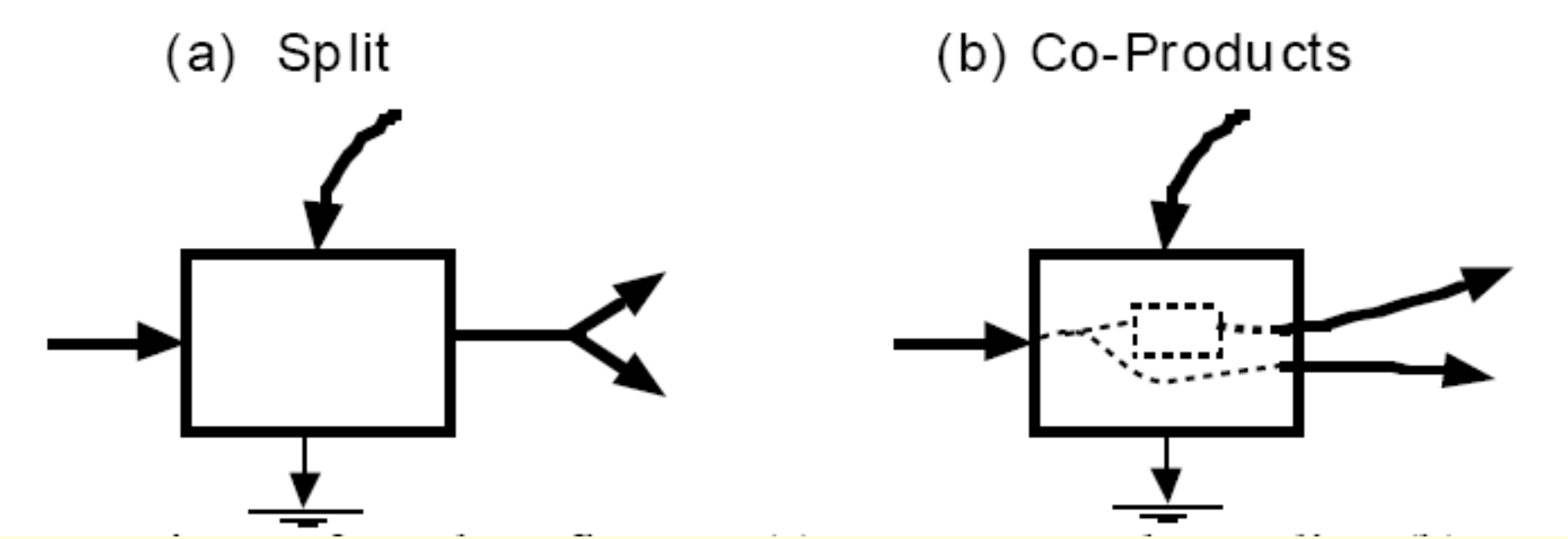


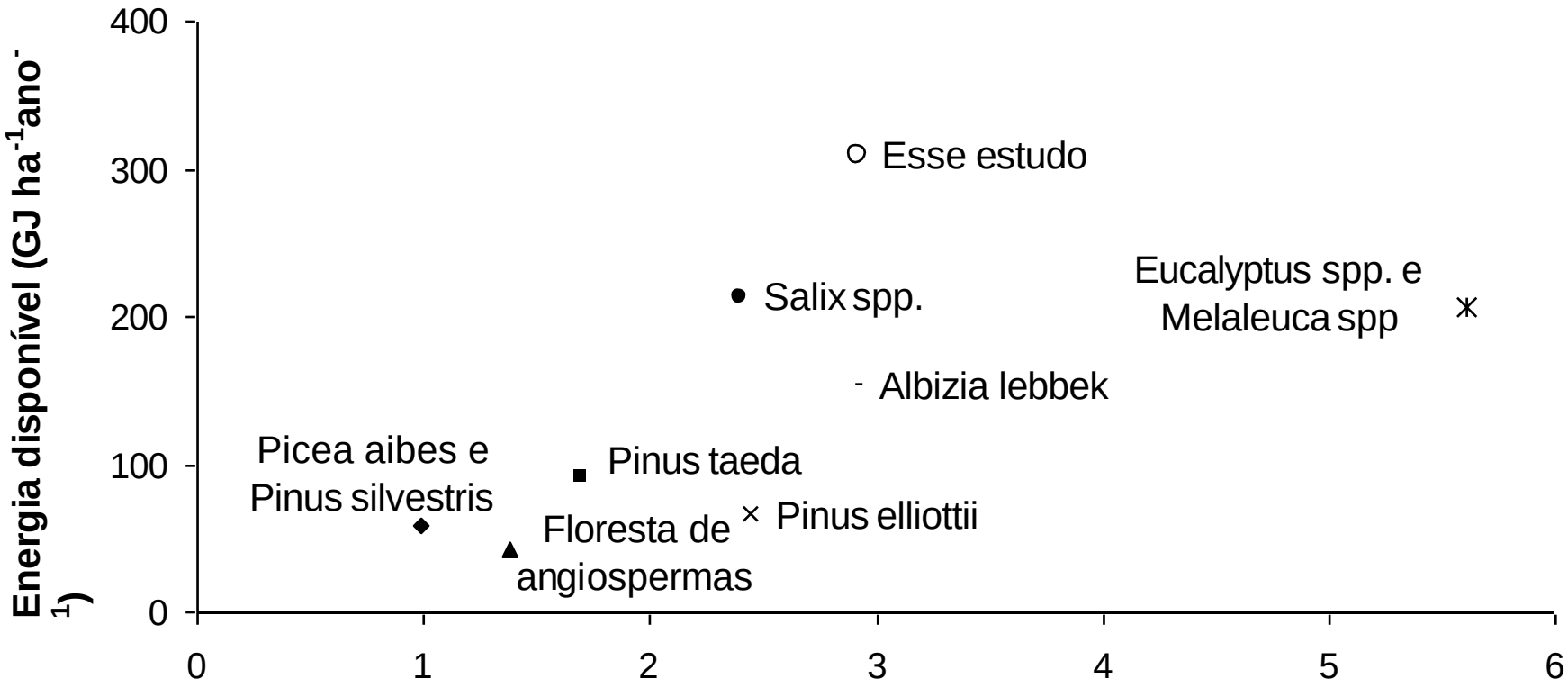
Tabela 3.1 – Síntese de emergia para plantações de eucalipto (rotação de 7 anos)

Nota	Insumo	Quantidade unidade ha^{-1}	Unidade	UEV sej $unidade^{-1}$	Fluxo de emergia Por rotação E12 sej ha^{-1}	Fluxo de emergia Por Ano E12 sej ha^{-1} ano^{-1}
Fontes ambientais						
1	Evapotranspiração	3,85E11	J	30576	11775,50	1682,21
2	Erosão	70000	g	7,18E08	25,22	3,60
3	Combustível	529,2	l	3,85E12	2038,18	291,17
4	Maquinário	14,8	kg	6,70E12	99,35	14,19
4	Mão de obra	231,4	h	5,89E12	1362,26	194,61
6	Fertilizante 1	260,0	kg	4,63E12	1202,95	171,85
6	Fertilizante 2	400,0	kg	1,45E12	578,34	82,62
7	Formicida	1,0	kg	2,49E13	24,86	3,55
8	Fertilizante 3	150,0	kg	1,53E12	229,28	32,75
3	Óleo lubrificante	22,8	l	3,85E12	87,78	12,54
7	Herbicida	7,6	l	2,49E13	188,97	27,00
9	Muda	922,5	unidade	1,71E11	157,75	22,54
10	Água	5556,0	kg	1,26E09	7,00	1,00
11	Calcário	1,0E06	g	1,68E09	1680,00	240,00
Produtos						
12		290,5†	m^3	ST_1	19457,44	2779,63
13		2,16E12§	J	ST	19457,44	2779,63
	ST_1	UEV da biomassa colhida (volume)			6,70E12	sej m^{-3}
					9,57E11	sej m^{-3} ano^{-1}
	ST_2	UEV da biomassa colhida (energia)			9,02E02	sej J^{-1}
					1,29E02	sej J^{-1} ano^{-1}
	EYR	2,54				
	ELR	0,65				
	EIR	0,65				

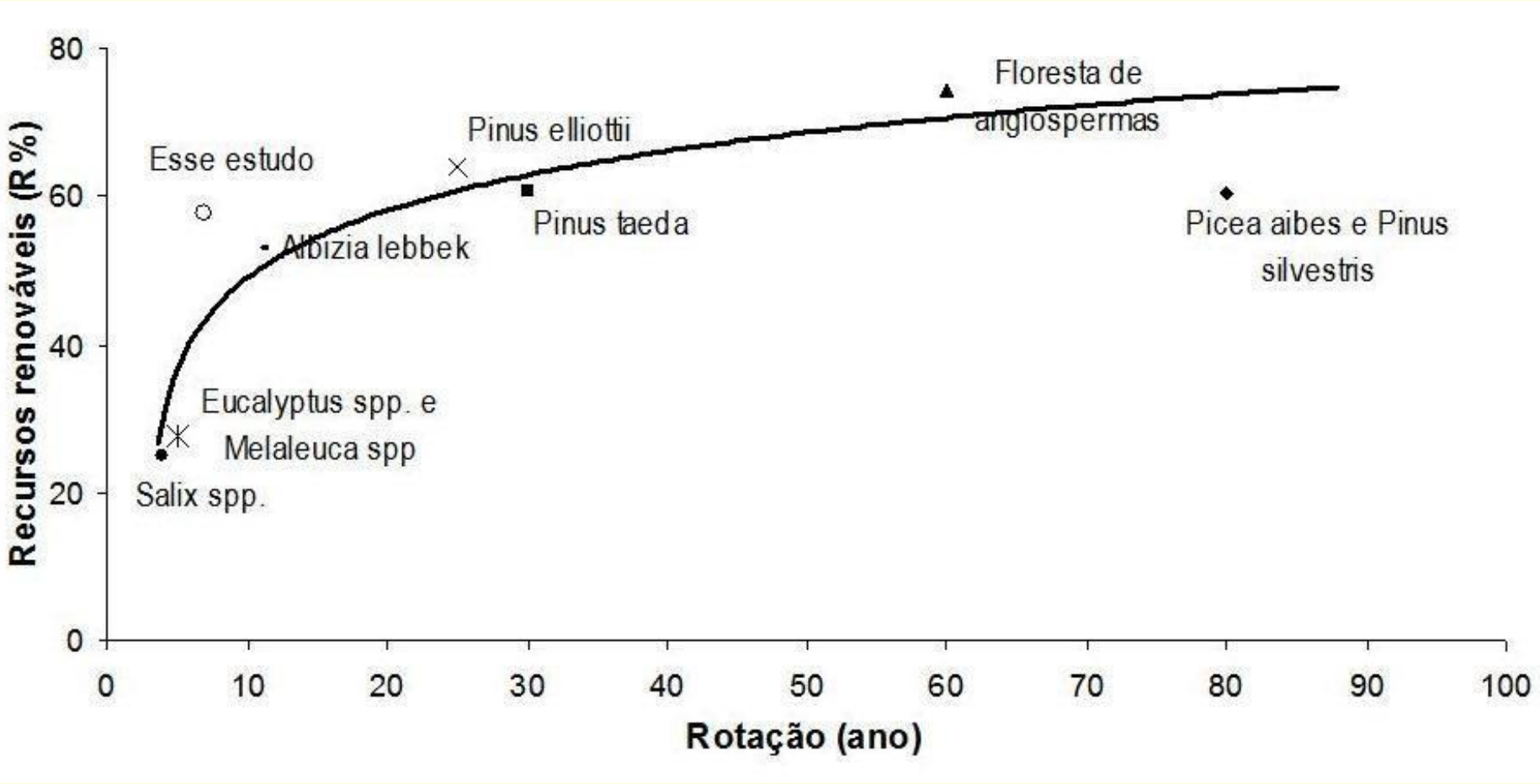
Participação dos insumos adquiridos (F) por operação e fator de produção

Operações	**Demanda de emergia por fator de produção (%)**				
	Combustível	Depreciação	Mão de	Insumo	
Colheita	24,2	1,0	13,0	1,2	**39,4**
Calagem	0,2	0,0	0,1	22,0	**22,3**
Subsolagem (+fertilizante e herbicida)	0,5	0,0	0,2	16,1	**16,8**
Adubação de cobertura (2º ano)	0,2	0,0	0,1	4,7	**5,0**
Adubação de cobertura (3º mês)	0,1	0,0	0,1	3,0	**3,2**
Adubação de cobertura (8º mês)	0,2	0,0	0,1	2,8	**3,1**
Plantio	0,1	0,0	0,8	2,0	**2,9**
Outros	1,3	0,1	3,5	2,3	**7,2**
Total	**26,7**	**1,3**	**17,8**	**54,1**	100

Disponibilização de energia x recursos incorporados



Percentual de recursos renováveis x Tempo de rotação



Map of the study area showing the water supply alternatives



Alternative 1

Table 9. Emergy evaluation of water supplied from the Tsumeb aquifer and pipeline (flow = 20.0 E6 m^3/ year)

Note	Item	Data (unit/yr)	Units	Emergy/ unit (sej/ unit)	Solar Emergy (E18 sej/yr)	EmDollars* (E3$ Em/yr)
RENEWABLE (FREE) RESOURCES						
1	Groundwater	9.40 E+13	J	1.70 E+05	16.4	962.1
PURCHASED AND OPERATIONAL INPUTS						
2	Collector pipes (steel)	7.30 E+05	kg	1.80 E+12	1.3	76.4
3	Delivery pipeline (GRP)	1.10 E+13	J	6.60 E+04	0.7	42.7
4	Concrete	1.10 E+06	kg	1.00 E+12	1.1	62.4
5	Electricity	2.10 E+14	J	1.60 E+05	33.6	1976.5
6	Pumps and machinery	6.10 E+04	kg	6.70 E+12	0.4	24
7	Labor, services & capital	4.30 E+06	$	1.70 E+13	73.1	4300
8	Operating costs	7.90 E+05	$	1.70 E+13	13.4	790
9	Maintenance costs	3.00 E+05	$	1.70 E+13	5.1	300
	Purchased subtotal				126.7	7452.9
ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC IMPACTS						
	Loss of regional wildlife	6.00 E+12	J	4.00 E+06	24	1411.8
	Loss of tourism	3.90 E+05	$	1.20 E+12	0.47	27.5
	Impacts subtotal				24.47	1439.3
	Total inputs and impacts				152.5	8968.6

* Solar emergy divided by 1.7 E13 sej/1996 US$ (emergy per dollar ratio for Namibia in 1996).

Alternative 2

Table 8. Emergy evaluation of desalinating coastal water and pipeline (flow = 17.3 E6m^3/year)

Note	Item	Data (unit/yr)	Units	Emergy/ unit (sej/ unit)	Solar Emergy (E18 sej/yr)	EmDollars* (E3$ Em/yr)
RENEWABLE (FREE) RESOURCES						
1	Sea or brackish water	2.51E+14	J	7.40E+03	1.9	109.4
PURCHASED AND OPERATIONAL INPUTS						
2	GRP Pipeline	4.25E+13	J	6.60E+04	2.8	164.9
3	Concrete	1.71E+06	kg	1.00E+12	1.7	100.8
4	Electricity	1.02E+15	J	1.60E+05	163.7	9629.2
5	Labor, services & capital	1.26E+07	$	1.70E+13	214.1	12591.4
6	Operating costs	4.31E+06	$	1.70E+13	73.3	4311.9
7	Maintenance costs	8.81E+05	$	1.70E+13		881.4
	Purchased subtotal				15	
ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC IMPACTS						
	Rain required to dilute the brine	2.40E+14	J	7435	470.6	27679.6
	Loss of net primary prod.	2.40E+14	J	9.00E+03	1.78	105
	Impacts subtotal				2	127.1
	Total inputs and impacts				.16 3.94	232.1
					476.4	28021.1

* Solar emergy divided by 1.7 E13 sej/1996 US$ (emergy per dollar ratio for Namibia in 1996).

Alternative 3

Table 7 : Emergy evaluation of water from the Kavango and pipeline (flow = 17 .3 E6 m ^{3}/ year)

Note	Item	Data (unit/yr)	Units	Emergy/ unit (sej/ unit)	Solar Emergy (E18 sej/yr)	EmDollars* (E3 $ Em/yr)
RENEWABLE RESOURCE INPUTS						
1	Kavango River water	8.19E+13	J	4.80E+04	4	233.6
PURCHASED AND OPERATIONAL INPUTS						
2	GRP pipe	3.16E+13	J	6.60E+04	2.1	122.5
3	Concrete	1.40E+06	kg	1.00E+12	1.4	82.4
4	Fuels	7.49E+12	J	6.60E+04	0.5	29.1
5	Electricity	2.29E+14	J	1.60E+05	36.6	2151.9
6	Machinery & equipment	7.32E+04	kg	6.70E+12	0.5	28.9
7	Labor, services & capital	3.97E+06	$	1.70E+13	67.4	3966.2
8	Operating costs	9.81E+05	$	1.70E+13	16.7	981.4
9	Maintenance costs	9.63E+05	$	1.70E+13	16.4	962.8
	Input subtotal				145.6	8558.8
ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC IMPACTS						
10	Net primary production	2 .1 - 21 .0 E14	J	9.00E+03	1.9 - 18.8	11 06 - 11 064
11	Regional wildlife	2 .3 - 23 .0 E12	J	4.00E+06	9.2 - 92	54 12 - 54 118
12	Ecotourism	1 .7 - 17 E5	$	1.20E+12	0.2 - 2.0	117 - 1165
	Impacts subtotal				11 .3 - 113	66 35 - 66 347
	Total inputs and impacts				16 1 - 263	15 427 - 75139

* Solar emergy divided by 1 .7 E13 sej/19 96 US$ (emergy per dollar ratio for Namibia in 199 6).

Emergy indices help in decision making by providing information "outside of traditional economic analysis

Table 10. Comparison of emergy indices among the 3 water supply systems

Emergy index[(a)]	Best when index:	Kavango	Desalination	Tsumeb aquifer
Trans formity of water (s ej/J)	↓	1.78 E6	5.76 E6	1.53 E6
% Renewable	↑	2.81	0.4	12.71
Emergy Investment Ratio (EIR)	↓	26.09	131.15	7.81
Emergy Yield Ratio (EYR)	↑	1.04	1.01	1.14
Environmental Loading Ratio (ELR)	↓	35.64	252.92	7.87
Emergy Sus tainability Index (ESI)	↑	0.03	0.004	0.14
Emergy Benefit to Purchaser (EBP)	↑	1.45	1.56	1.58
EmDollar per m^3	↓	0.49	1.61	0.43

(a) Indices are defined in Appendix A.

Emergy Evaluation of Tourism

Using data from tourism development in Mexico and Papua New Guinea….

---

the concept of carrying capacity is related to intensity of development, environmental support area, and the "fit" of economic development in local environments and economies.

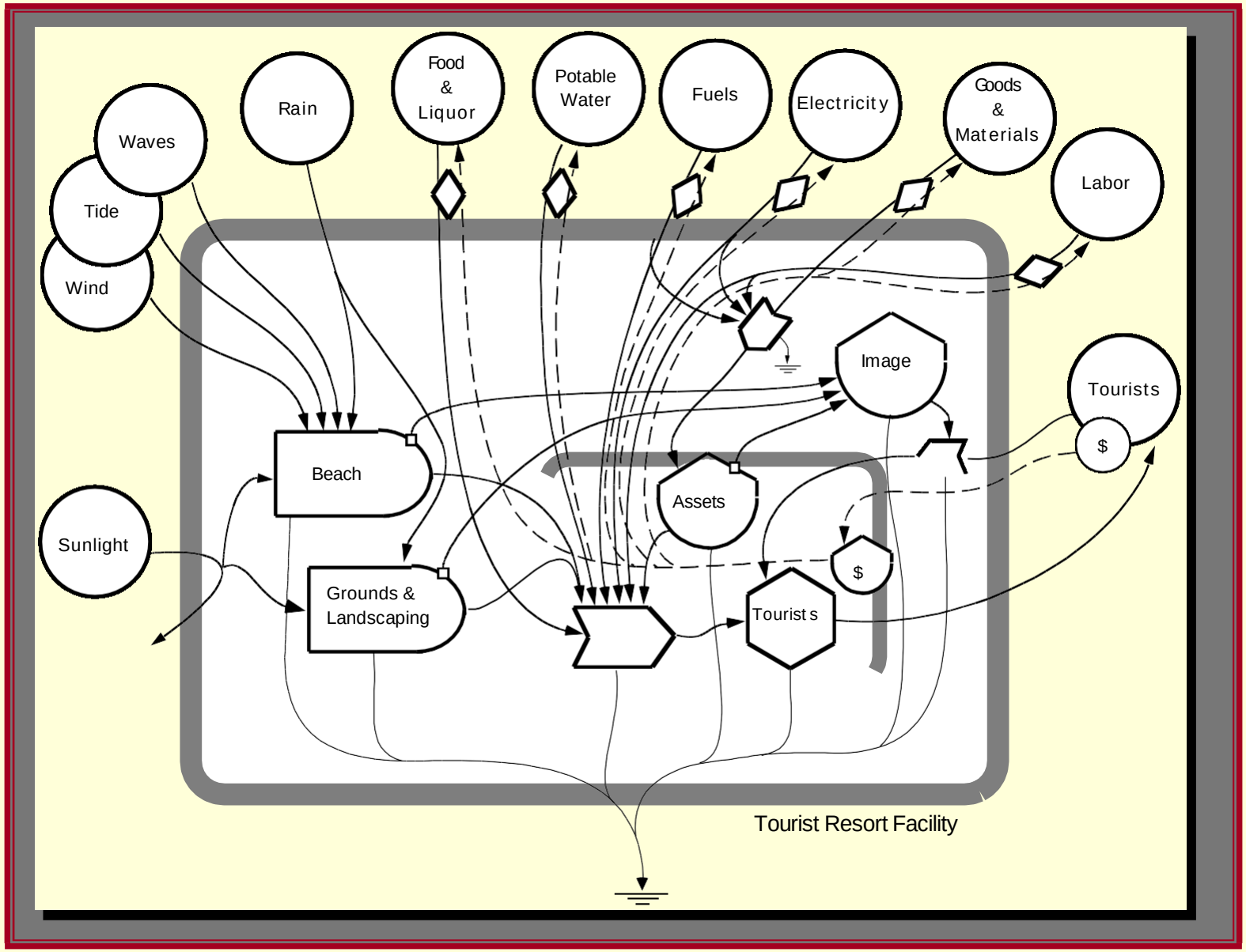

Waves
Tide
Wind
Rain
Food & Liquor
Potable Water
Fuels
Electricity
Goods & Materials
Labor
Image
Tourists
$
Beach
Assets
Sunlight
Grounds & Landscaping
$
Tourists
Tourist Resort Facility

Table 2. Emergy evaluation of tourist resort on New Britain Island, Papua New Guinea

Note	Item	Units	Units/Yr.	Transformity (sej/unit)	Solar Emergy (E15 sej/yr)
	RENEWABLE RESOURCES				
1	Sunlight	J	1.74E+14	1.00E+00	0.2
2	Wind	J	1.18E+11	1.50E+03	0.2
3	Wave Energy	J	1.53E+11	3.06E+04	4.7
4	Tidal Energy	J	2.21E+11	1.68E+04	3.7
5	Rain	J	2.41E+11	1.82E+04	4.4
6	Potable water	J	2.93E+09	6.66E+05	2.0
	Sum of free inputs (sun,wind, and rain omitted)				**10.3**
	PURCHASED INPUTS				
	Construction inputs				
7	Wood	J	1.64E+09	3.49E+04	0.1
8	Concrete	g	1.70E+06	9.26E+07	0.2
9	Steel	g	5.10E+04	1.80E+09	0.1
10	Furnishings	J	3.16E+09	4.00E+06	12.7
11	Non-renewable services (PNG)	$	2.40E+04	6.50E+12	156.0
12	Fuel	J	2.28E+12	6.60E+04	150.5
13	Electricity	J	0.00E+00	2.00E+05	0.0
14	Food	J	8.76E+10	2.50E+05	21.9
15	Liquor	J	1.10E+10	7.00E+05	7.7
16	Non-renewable services (PNG)	$	1.40E+05	6.50E+12	910.0
	Sum of purchased inputs				**1,259.0**
18	Tourists (number)		6.20E+02	3.74E+16	23,188.0

Table 3. Emergy evaluation of four star tourist hotel in Puerto Vallarta, Mexico

Note	Item	Units	Units/Yr.	Transformity (sej/unit)	Solar Emergy (E15 sej/yr)
	RENEWABLE RESOURCES				
1	Sunlight	J	9.14E+13	1.00E+00	0.1
2	Wind	J	1.10E+11	1.50E+03	0.2
3	Wave Energy	J	1.60E+10	3.06E+04	0.5
4	Tidal Energy	J	4.18E+09	1.68E+04	0.1
5	Rain	J	9.31E+10	1.82E+04	1.7
	NONRENEWABLE STORAGES				
6	Potable water	J	2.44E+11	6.66E+05	162.4
	Sum of free inputs (s un,wind,waves omitted)				**164.2**
	PURCHASED INPUTS				
	Construction inputs				
7	Concrete	g	1.15E+08	9.26E+07	10.6
8	Steel	g	2.70E+07	1.80E+09	48.6
9	Furnishings	J	5.72E+10	4.00E+06	228.8
10	Non-renewable services	$	1.41E+06	2.60E+12	3666.0
	Operational inputs				
11	Fuel	J	3.90E+12	6.60E+04	257.4
12	Electricity	J	6.20E+13	2.00E+05	12400.0
13	Food	J	6.29E+11	2.00E+06	1258.0
14	Liquor	J	7.93E+10	7.00E+05	55.5
15	Non-renewable services	$	1.74E+06	2.60E+12	4511.0
	Sum of purchased inputs				**22436.0**
16	Tourists (number)		5.37E+03	8.50E+15	45636.5

Table 4. Comparative emergy indices for tourist resorts in Papua New Guinea and Mexico

Notes	Index	PNG		Mexico	
		Country	Resort	Country	Resort
1	Total Emergy Use (E18 sej/yr)	1.22E+23	1.31E+18	6.96E+23	2.26E+19
	Locally Renewable (E20 sej/yr)	1.05E+23	8.40E+15	1.39E+23	1.80E+15
	Locally Nonrenewable (E20 sej/yr)	1.09E+22	2.00E+15	3.66E+23	1.62E+17
	Imported (E20 sej/yr)	5.40E+21	1.30E+18	1.08E+23	2.24E+19
2	Percent Renewable	86.6%	0.6%	20.0%	0.01%
3	Empower density (E11 sej/m^2*yr^{-1})	2.6	322.0	3.1	11857.0
4	Emergy per capita (E15 sej/person*yr^{-1})	37.7	91.4	8.5	219.1
5	Environmental loading ratio	0.16	155.0	3.4	12534.4
6	Renewable emergy/area (E11 sej/m^2*yr)	2.3		0.7	
7	Support Area required (m^2)	- -	3.57E+07	--	9.36E+07

Emergy valuation of internation al trade resulting from money income from tourism...

