

## **Análise emergética de um sistema integrado de produção inovador: a Fazenda Jardim de Marcelo Guimarães Melo em Minas Gerais.**

*Emergy analysis of Fazenda Jardim, an innovative integrated farming system in Minas Gerais, developed by Marcelo Guimarães Melo.*

ORTEGA, Enrique, SOUZA, Alexandre, STORFER, John  
Laboratório de Engenharia Ecológica, FEA/Unicamp

Emails: [ortega@fea.unicamp.br](mailto:ortega@fea.unicamp.br), [alesouza@fea.unicamp.br](mailto:alesouza@fea.unicamp.br), [jonny@fea.unicamp.br](mailto:jonny@fea.unicamp.br)

### **Resumo**

Foi estudado um SIPAES (sistema integrado de produção de alimentos, energia e serviços ambientais) muito importante para a formulação de políticas públicas pois atende as exigências sociais, ambientais e econômicas. A Fazenda Jardim (Minas Gerais) engorda gado, produz álcool e esterco (devido à incorporação de uma microdestilaria) e recompõe e usa sustentavelmente a mata nativa, porém não recebe dinheiro pelos serviços ambientais. O projeto venceu o desafio tecnológico (qualidade e custo do produto), mas deve superar as restrições que afetam a venda do etanol produzido pelos pequenos agricultores. A comparação emergética com uma usina padrão indica que o SIPAES apresenta maior renovabilidade (%Ren); melhor relação benefício/custo ambiental (R/F); menor investimento econômico (EIR); e mais trabalho de melhor qualidade. O projeto está sendo adaptado no Rio Grande do Sul e São Paulo, mas tem grande potencial de aplicação dentro e fora do país.

**Palavras-chave:** Microdestilarias de álcool, Análise emergética, Sustentabilidade.

### **Abstract**

*It was studied an important project in terms of public policy because it attends the social, environmental and economical concerns. It is an integrated system that produces food, energy and environmental services (ISFEES). Fazenda Jardim develops forestry, cattle husbandry, ethanol and manure production and besides that it recovers the native vegetation, but up to now it is not paid for environmental services. This project was able to overcome the technological challenge of producing ethanol at low cost and with good quality but it has to cope now with the law restrictions that do not allow small farmers to sale ethanol for fuel use. The comparison with a standard ethanol distillery using emergy indices shows that ISFEES has a bigger renewability (%Ren); better environmental benefit/cost ratio (R/F); better emergy investment ratio (EIR); and it develops more and better quality labor. This project is now being adopted in other places; it has potential for application all over the world.*

**Keywords:** Ethanol distillery, Emergy Analysis, Sustainability.

### **Introdução**

Os sistemas agrosilvipastoris (SASPs) constituem uma modalidade agrícola em que se combinam no mesmo espaço plantas forrageiras como gramíneas e leguminosas rasteiras com arbustos, árvores e agricultura, contribuindo com a mudança dos cenários rurais e favorecendo o surgimento de agricultura, pecuária e silvicultura sustentável. Quando um SASP incorpora uma micro-usina e o pagamento dos serviços ambientais (infiltração e percolação de água, captura de dióxido de carbono, regulação do clima local e global, preservação da biodiversidade e resiliência do ecossistema) ele se torna um SIPAES (sistema integrado de produção de alimentos, energia e serviços ambientais).

Este projeto avalia por meio de indicadores de desempenho emergético um SIPAES inovador: a

Fazenda Jardim que desenvolveu uma microdestilaria de álcool que se integra organicamente ao sistema produtivo. Os indicadores emergéticos permitem discutir o desempenho energético-ambiental e sugerir práticas de manejo para evitar e/ou reduzir os impactos ambientais. Os índices emergéticos obtidos foram a Transformidade (Tr), Renovabilidade (%R) e Razão de Rendimento Emergético (EYR). Os resultados foram comparados com os índices emergéticos de uma usina padrão (PEREIRA, 2008).

**Metodologia**

O local de estudo foi a Fazenda Jardim, localizada no município de Mateus Leme-MG, perto de Belo Horizonte. A fazenda possui uma microdestilaria desenvolvida pelo proprietário e faz mais de três anos em funcionamento. A metodologia utilizada foi a Análise Emergética (Odum, 1996) com as modificações propostas por Ortega *et al* (2005), onde são consideradas as porções renováveis e não-renováveis dos fluxos de entrada do sistema estudado. As etapas da análise emergética são: (a) entendimento do sistema, (b) elaboração do diagrama sistêmico, (c) construção da tabela de avaliação emergética, (d) cálculo e interpretação dos índices.

**Resultados e discussões**

Os resultados iniciais da análise emergética se mostram na Figura 1 (diagrama do sistema) e nas Tabelas 1 (cálculo dos fluxos de energia), 2 (produtos e fluxos agregados) e 3 (comparação dos índices emergéticos).

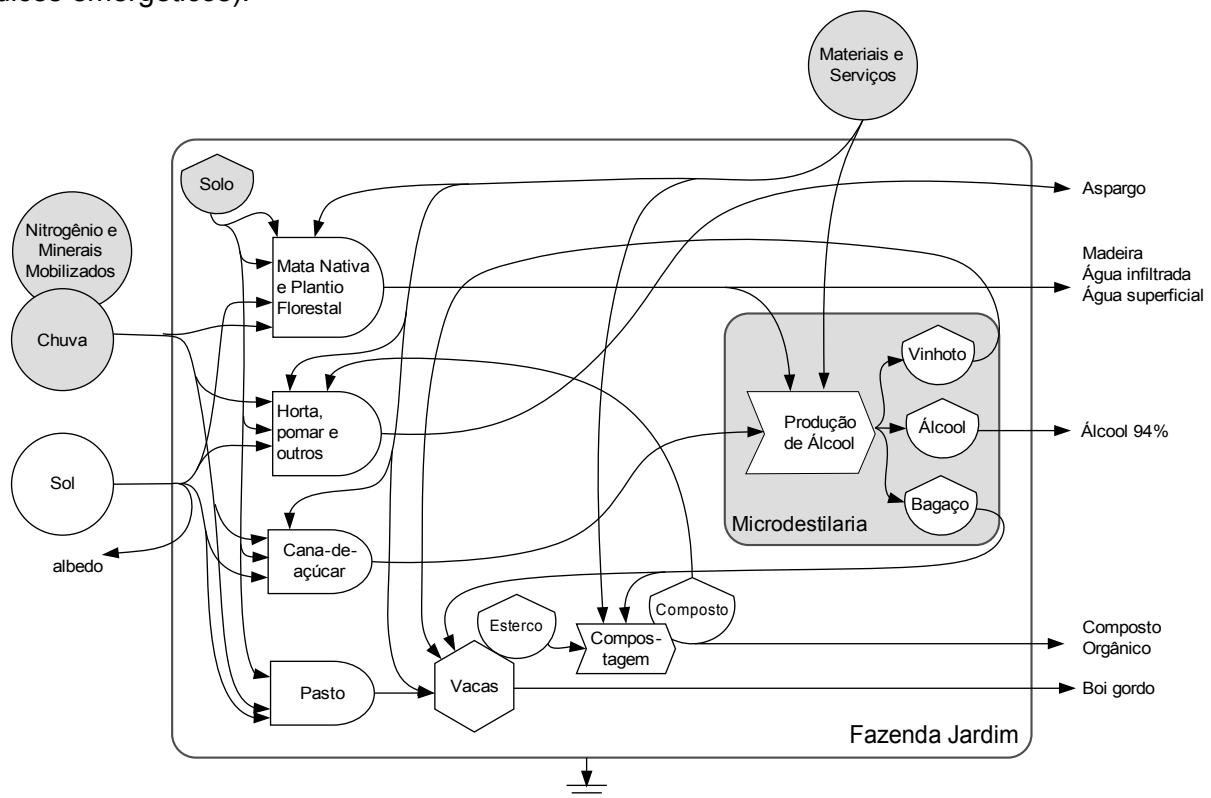


FIGURA 1. Diagrama sistêmico da Fazenda Jardim.

## Resumos do VI CBA e II CLAA

TABELA 1. Tabela de avaliação emergética da Fazenda Jardim.

Itens	Fração Renov.	Fluxo	unidades	Energia Renovável E12 seJ	Energia Renovável E12 seJ	Não Energia Total E12 seJ	%	R\$/ha/ano
<b>Renováveis</b>								
Sol	1	4,7	kWh/m <sup>2</sup> /dia	52,0	0	52,0	0,7	32,78
Chuva	1	1200,0	Litros/m <sup>2</sup> /ano	1836,0	0	1836,0	23,4	1.156,18
Nitrogênio Atm	1	39,1	kg/ha.ano	1583,7	0	1583,7	20,2	997,28
Minerais do solo	1	8,8	kg/ha.ano	7,7	0	7,7	0,1	4,83
<b>Não Renováveis</b>								
Perda de solo	0	5,2	ton/ha/a	0	580,0	578,71	7,4	364,43
<b>Materiais</b>								
Formicida	0	74,0	g/ha.ano	0	1,8	1,8303	0,0	1,15
Eletricidade	0,5	6,6	kWh/ano	4,0	4,0	7,9	0,1	5,00
Uréia	0	323,2	kg/ha.ano	0	1010,1	1010,1	12,9	636,08
Investimento	0,3	269,4	US\$/ha/ano	299,0	697,7	996,7	12,7	627,64
<b>Serviços</b>								
Administração	0,7	5,4	dias/ha/ano	372,1	191,7	563,8	7,2	355,04
Mão de obra	0,7	342,1	US\$/ha/ano	886,0	379,7	1265,7	16,1	797,05
<b>Energia total</b>				<b>5040,5</b>	<b>2865,0</b>	<b>7307,6</b>	<b>100</b>	<b>4977,5</b>

TABELA 2. Produtos (esquerda) e somatório de fluxos (direita).

Produtos	Valor	Unidade	Energia J/ha/ano	Fluxo	seJ /ha/ano
Alcool	738,0		1,9E+10	Renováveis (R)	5,0E+15
Carne	431,0	kg/ha/ano	3,2E+09	Não-renováveis (N)	5,8E+14
Madeira venda	369,0	kg/ha/ano	5,2E+09	<b>Recursos da Natureza (I=R+N)</b>	<b>5,6E+15</b>
Aspargo venda	36,9	kg/ha/ano	3,4E+08	Materiais (M)	1,7E+15
Composto Organico	893,0	kg/ha/ano	2,0E+10	Serviços (S)	5,7E+14
Água infiltrada	221.402,2	l/ha/ano	1,1E+09	<b>Recursos da Economia (F=M+S)</b>	<b>2,3E+15</b>
Água superficial	88.560,9	l/ha/ano	4,4E+08	Energia total (Y=I+F)	7,9E+15
<b>Energia total (Q<sub>p</sub>)=</b>			<b>5,0E+10</b>		

TABELA 3. Indicadores de energia calculados

Índice	Cálculo	Fazenda Jardim	Usina Padrão <sup>1</sup>	Unidade
		Valor	Valor	
Transformidade	TR = Y/Q <sub>p</sub>	158.163	48.400	sej/J
Renovabilidade	%R = 100(R/Y)	63,53	35,40	%
Benefício/Custo	R/F	2,18	0,5	adimensional
Taxa de rendimento	EYR = Y/F	3,44	1,57	adimensional
Taxa de investimento	EIR = F/I	0,41	1,74	adimensional
Taxa de carga ambiental	ELR = (N+F)/R	0,57	1,82	adimensional

<sup>1</sup> Pereira (2008)

A transformidade (Tr) obtida é a energia total requerida (seJ) dividida pela energia produzida que sai do sistema (J). A Fazenda Jardim apresentou um valor maior por ter mais laços internos, sendo que muitos produtos ficam no próprio sistema, além disso, o cálculo emergético da usina padrão desconsidera as externalidades negativas.

A Fazenda Jardim mostra maior renovabilidade, apresenta melhor relação benefício/custo ambiental (R/F) e saldo emergético (EYR) maior que a usina padrão, demonstrando que aproveita

## Resumos do VI CBA e II CLAA

melhor os fluxos da natureza para a produção. A taxa de investimento EIR mostra que o a usina padrão é mais dependente da economia urbana.

A carga ambiental da Fazenda Jardim é menor que a da usina padrão. Cabe ressaltar que a Fazenda Jardim não produz somente álcool combustível, mas também alimentos e serviços ambientais.

### Conclusões

Conclui-se que o SIPAES estudado (Fazenda Jardim) apresenta um desempenho energético e ambiental melhor que a usina de álcool padrão, o que revela a importância dos pequenos produtores para a produção sustentável de energia.

Os indicadores de desempenho do SIPAES são muito melhores que a destilaria de grande escala baseada na monocultura da cana em latifúndio, além disso, o modelo SIPAES não deixa de produzir alimentos nem serviços ambientais gerando segurança alimentar.

### Agradecimentos

Agradecimento especial a Marcello Guimarães Mello (*in memoriam*) pela sua visão e trabalho criativo para gerar a civilização da biomassa no Brasil e no Mundo.

### Referências

ODUM, H. T. Environmental accounting: emergy and environmental decision making. New York: John Wiley & Sons, 1996. 363 p.

ORTEGA, et al. Brazilian soybean production: emergy analysis with an expanded scope. *Bulletin of Science, Technology and Society*, Toronto, v. 25 n.4 p. 323-334, 2005.

PEREIRA, C. Avaliação da Sustentabilidade Ampliada de Produtos Agroindustriais. Estudo de caso: Suco de Laranja e Etanol. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.