



PRIMEIRA CONTRIBUIÇÃO DOS ESTUDOS DE SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) PELA FERRAMENTA “ANÁLISE EMERGÉTICA”

Marco Antonio Sedrez Rangel¹, Sigmar Herpich², Marcelo Augusto Pastório³

¹Pesquisador da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Caixa Postal 007, 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mail: marco.rangel@embrapa.br;

²Técnico Agrícola da Agrícola Horizonte Ltda./ATIMOP. E-mail: sigmarherpich@yahoo.com.br;

³Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste – Estagiário da *Embrapa Soja*, Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR. E-mail: marcelo.pastorio@hotmail.com.

Introdução

Em julho de 2002, foi lançada a Agenda 21 Brasileira, cujo principal objetivo é o desenvolvimento sustentável propondo o equilíbrio entre o crescimento econômico, a equidade social e a preservação ambiental no planejamento do desenvolvimento do país (BRASIL, 2002). No que se refere à agricultura, visa proporcionar a transformação dos atuais em sistemas de produção agrícola mais sustentáveis.

Para programar as ações propostas pela Agenda 21 de forma eficaz, é necessário utilizar ferramentas capazes de avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção e consumo de forma mais objetiva e quantitativa (CAVALETT, 2008). Uma das ferramentas utilizadas e que conta com a aceitação da comunidade científica mundial é denominada “Análise Emergética” (ODUM, 1996), e é considerada entre as mais completas. Segundo Cavalett (2008), ela contabiliza valores das energias naturais incorporadas aos produtos, processos e serviços, geralmente não contabilizados na economia clássica e na análise de energia incorporada. Considera-se, na análise emergética, todos os insumos usados para produzir um certo produto ou serviço, incluindo as contribuições da natureza (chuva, água de poços, nascentes, solo, sedimentos e biodiversidade) e os fornecimentos da economia (materiais, maquinaria, combustível, mão-de-obra, serviços e pagamentos em moeda) e, em alguns casos, as externalidades negativas (erosão do solo, perda da biodiversidade, tratamentos médicos das pessoas e êxodo rural).

Até o momento não se dispõe de estudos de sustentabilidade envolvendo a cultura da mandioca que, embora seu apelo social, possui ainda alguns graves gargalos na sua dimensão ambiental, principalmente no que se refere às perdas de solo associadas aos sistemas de produção.

O presente trabalho se propõe a avaliar sustentabilidade de um sistema usual de produção de mandioca da região oeste do Paraná, e sua relação com outros sistemas de produção objetos de outros estudos.

Material e Métodos

O presente trabalho foi conduzido tomando por base o levantamento de custos de mandioca na região oeste do Paraná, realizado sistematicamente pelo Departamento Técnico da Agrícola Horizonte Ltda (Tab.1). Os dados referem-se aos indicadores do mês de julho de 2013, considerando-se a colheita aos 18 meses após o plantio, e com uma produtividade de 31 t ha⁻¹ de raízes. Também foi considerada a retirada de ramas para o plantio como saída do sistema.

Tabela 1. Custo anual de produção de mandioca para indústria no oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR, julho de 2013.

Ítem	Unidade	Valor unit. (R\$)	Quant. (un ha ⁻¹)	(R\$)	Custo ha ⁻¹ (US\$)
Mão de Obra	Homem dia ⁻¹	60,00	6,20	372,00	164,60
Preparo/Plantio	h Máquina	100,00	1,65	165,00	73,01
Aplic. Herbicidas	h Máquina	75,00	1,96	147,00	65,04
Aplicação Cobertura	h Máquina	85,00	1,65	140,25	62,06
Total Horas Máquina			5,26	452,25	200,11
Arrendamento	Sacas 60 kg	60,00	37,0	2.220,00	982,30
Adubo Base	Sacas 50 kg	45,00	4,13	185,85	82,23
Adubo Cobertura	Sacas 50 kg	67,90	1,65	112,04	49,57
Total Adubos			5,78	297,89	131,81
Ramas	m ³	45,00	4,96	223,20	98,76
Inseticidas	Pct/500g	29,00	2,00	58,00	25,66
Herbicida1	L ha ⁻¹	18,50	4,14	76,59	33,89
Herbicida2	L ha ⁻¹	46,60	4,14	192,92	85,36
Herbicida3	L ha ⁻¹	39,98	4,96	198,30	87,74
Herbicida4	L ha ⁻¹	109,00	0,83	90,47	40,03
Total Herbicidas			14,07	558,28	247,03
Colheita	T	30,00	31,0	930,00	411,50
Transporte	T	23,00	31,0	713,00	315,49
CUSTO TOTAL				7.133,04	3.156,21

Os indicadores dos recursos da natureza envolvidos no processo produtivo foram utilizados segundo as referências apresentadas na tabela 2. De posse dos indicadores necessários, procederam-se os cálculos, seguindo metodologia proposta por Odum (1996), com as modificações introduzidas para o cálculo do índice de renovabilidade, adotadas por Agostinho (2005) e Cavallet (2008). Embora tenham se considerado os custos e produtividade de raízes obtidos em 18 meses, para efeito de apropriação à metodologia, estes foram anualizados. Todos os ítems foram convertidos para uma única grandeza, expressa em Joules equivalentes de energia solar, por hectare e por ano (seJ ha⁻¹ ano⁻¹). Os principais índices calculados foram: a. Transformidade (Tr), que expressa a energia utilizada para a produção de um Joule do produto, e b. Renovabilidade (Ren%), que expressa a quantidade de energia renovável utilizada no sistema em relação à total. Esse último é também aceito para expressar o indicador de sustentabilidade do sistema.

Tabela 2. Indicadores dos recursos da natureza utilizados para o cálculo dos índices emergéticos para a cultura da mandioca no oeste do Paraná.

Item	Unidade	Referências
Energia Solar	kW m ⁻² dia	Costa, 2011
Energia da Chuva	m ³ m ⁻² ano	Agostinho, 2005
Perdas de Solo	kg ha ⁻¹ ano	Pimentel, 1995; Oliveira, 2006

Resultados e Discussão

Os resultados relativos à quantificação da energia consumida e produzida pelo sistema de produção de mandioca encontram-se apresentados na tabela 3. Pode-se verificar que a mão de obra externa foi o item que mais afetou o custo energético, seguido pelas perdas de solo, corroborando o que se verifica como maiores gargalos em importância para o segmento produtivo, e que podem ter seu desempenho melhorado por meio de ações de pesquisa e desenvolvimento.

Tabela 3. Fluxo emergético para o sistema de produção usual do oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR, julho de 2013.

Item	Quant.	Unidade	Fator de Conversão	Transf.	Fluxos (seJ ha ⁻¹ ano)		
					Renovável	Não Renov.	Total
Sol	4,5	kW m ⁻² dia	3,60E+10	1	5,91E+13	0,00E+00	5,91E+13
Chuva	1,6	m ³ m ⁻² ano	5,00E+10	4,70E+04	3,76E+15	0,00E+00	3,76E+15
Perda de solo	33900	kg ha ⁻¹ ano	9,04E+05	1,24E+05	0,00E+00	3,80E+15	3,80E+15
Manivas	65,82	US\$/ha ⁻¹ ano	1,00E+00	5,02E+12	2,48E+14	8,26E+13	3,30E+14
Herbicidas	14,05	kg ha ⁻¹ ano	1,00E+00	1,68E+12	0,00E+00	2,36E+13	2,36E+13
Inset.Biol.	1,33	kg ha ⁻¹ ano	1,00E+00	2,48E+13	2,64E+13	6,60E+12	3,30E+13
Fertiliz.Cob.	55	kg ha ⁻¹ ano	1,00E+00	6,38E+12	0,00E+00	3,51E+14	3,51E+14
Fertiliz.Base	138	kg ha ⁻¹ ano	1,00E+00	6,38E+11	0,00E+00	8,80E+13	8,80E+13
M. obra ext.	80	H ha ⁻¹ ano	1,07E+09	1,10E+07	7,07E+15	4,72E+15	1,18E+16
Colheita	411,5	US\$ ha ⁻¹ ano	1,00E+00	3,30E+12	6,79E+14	6,79E+14	1,36E+15
Administração	10	US\$ ha ⁻¹ ano	1,00E+00	3,30E+12	1,98E+13	1,32E+13	3,30E+13
Assist. técnica	20	US\$ ha ⁻¹ ano	1,00E+00	3,30E+12	2,64E+13	3,96E+13	6,60E+13
Transporte	210,27	US\$ ha ⁻¹ ano	1,00E+00	3,30E+12	0,00E+00	6,94E+14	6,94E+14
Mecanização	193,26	US\$ ha ⁻¹ ano	1,00E+00	3,30E+12	0,00E+00	6,38E+14	6,38E+14
Arrendamento	987,34	US\$ ha ⁻¹ ano	1,00E+00	3,30E+12	3,26E+15	0,00E+00	3,26E+15
TOTAL							2.63E+16
SAÍDAS Produtos	Massa	Unidade	MS	Valor energético			
				kgMS ⁻¹	Fator de conversão	J kg ⁻¹	J ha ⁻¹ ano
Raízes	20660	kg ha ⁻¹ ano	7747,5	1420	4186	5944120	1,23E+11
Manivas	3750	kg ha ⁻¹ ano	3000	300	4186	1255800	4,71E+09
TOTAL							1,28E+11

Quanto aos resultados dos indicadores emergéticos (Tab.4), pode-se verificar que o sistema de

produção de mandioca do oeste do Paraná apresenta transformidade superior à da cana e da soja, indicando ser inferior a essas culturas no que tange à sua eficiência ecossistêmica. Analisando-se os estudos dos outros autores, verificou-se que a mandioca apresenta custo emergético maior para perda de solo (3,80E +15 seJ) e mão de obra (4,72E +15 seJ), comparados aos de cana de açúcar (4,0E +14; 4,83E +14) e soja (5,72E +14; 8,37E +13). Embora representando maior uso de mão de obra, refletindo-se no seu valor social, a disponibilidade desse componente no meio rural para a execução de tarefas braçais é decrescente, apresentando custos e dificuldades contratuais crescentes, o que a tem transformado em gargalo para a continuidade da atividade. Também as perdas por erosão são elencadas como uma das maiores preocupações para o setor, e alguns pesquisadores vêm trabalhando com afinco para a viabilização do plantio direto da cultura, inclusive para pequenos estabelecimentos familiares. É importante citar que a região conta com grande parte de suas lavouras implantadas no Sistema Plantio Direto, inclusive para a cultura da mandioca, devido ao trabalho dos técnicos em sua difusão. A renovabilidade da mandioca é superior à de cana e soja, pelo menor uso de insumos sintéticos, como também pelo maior uso de fontes renováveis na produção.

Tabela 4. Comparativo dos indicadores emergéticos de sistemas de produção usuais das culturas da mandioca, soja (Cavallet, 2008) e cana (Pereira, 2008).

Produto	Transformidade(seJ J ⁻¹)	Renovabilidade (%)
Mandioca	2,05E +05	57,8
Cana	3,05E +04	45,2
Soja	1,01E +05	35,1

Conclusão

O sistema de produção de mandioca do oeste do Paraná tem boa sustentabilidade; entretanto, carece de maior eficiência no que se refere ao uso da mão de obra e na prevenção das perdas de solo.

Referências

AGOSTINHO, F.D.R. **Uso de análise emergética e sistema de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas.** 2005. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mandioca/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Executiva. – Brasília: Mapa/ACS, 2011.43 p. (Agenda Estratégica 2010 – 2015).

CAVALLET, O. **Análise do ciclo de vida da soja.** 2008. 221f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

COSTA, A.N.R. **Análise sistêmica de embalagens de polietileno: emissões, energia e emergia.**2011. 292 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting.** Emergy and Environmental Decision Making. New York: J.Wiley, 1996. 370 p.

OLIVEIRA, J.M.A.D.S. de. **Contribuições geotécnicas para o estudo do problema da erosão.**2006. 214

p.Dissertação (Mestrado) -Instituto Superior Técnico,Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa,2006.

PEREIRA, C. de L.F. **Avaliação de sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais. Estudo de caso: suco de laranja e etanol.**2008. 268 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PIMENTEL, D. et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, New Series, v.267, n.5201, p.1117-1123, fev. 1995.