

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS¹

PATRÍCIA HELENA NOGUEIRA TURCO²; MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI³ & OSMAR CARVALHO BUENO⁴

RESUMO: Neste estudo, estimamos a eficiência energética de sistemas de produção de café orgânico. Para tal, construiu-se o itinerário técnico desde a fase de implantação, até a fase de produção de café orgânico. Os insumos utilizados (mão-de-obra, horas máquina, defensivos, fertilizantes, entre outros) convertidos em unidades de energia, quantificaram o *input* energético, enquanto a produção de café orgânico em grão beneficiado constituiu o *output* energético. Para o levantamento dos requerimentos de insumos e de volume de produção de café utilizou-se uma amostragem intencional e não probabilística. Foram entrevistados nove produtores cuja principal fonte de renda era a produção de café e que mantêm registros dos dados da cultura. Os balanços foram positivos, com uma produção energética de 626.465MJ. ha⁻¹, frente a um dispêndio energético de 112.998MJ.ha⁻¹ durante a vida útil da cultura. Conclui-se que a produção de café orgânica é eficiente energeticamente.

Palavras-chave: Café orgânico, eficiência energética.

¹ Parte da dissertação da 1ª autora intitulada: Produção de Café Orgânico na Região Sul de Minas Gerais: eficiência econômica e energética.

² do curso PG Energia na Agricultura–FCA/UNESP, - Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros - 1780, Caixa Postal - 237 Botucatu-SP - Brasil; CEP 18610-307 email: patricia.turco@apta.sp.gov.br

³ Prof. Dra. FCA-UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros - 1780, Caixa Postal - 237, Botucatu-SP - Brasil, CEP 18610-307. e-mail: maura@fca.unesp.br

⁴ Prof. Dr. FCA-UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros - 1780, Caixa Postal - 237, Botucatu-SP - Brasil, CEP 18610-307. e-mail: osmar@fca.unesp.br

ENERGY EFFICIENCY OF ORGANIC COFFEE PRODUCTION IN THE SOUTHERN REGION OF MINAS

SUMMARY: *In this study, organic coffee production systems energy efficiency was estimate. So, an itinerary technical was built since the deployment phase up to the organic coffee production. The inputs used (labor, machine hours, pesticides, fertilizers, etc.) converted into energy units, quantified the energy input, while the production of organic coffee beans benefited was constituted the energy output. Data collection was based on an intentional and non-probabilistic sampling. Nine farmers were interviewed whose main source of income was the coffee production and had keep records of the culture data. The balances were positive, with an energy yield of $626.465\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, compared to an energy expenditure of $112.998\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ during the crop cycle. It is concluded that organic coffee production is energy efficient.*

Keywords: *Energy performance, organic production, sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

Na análise de eficiência energética de um sistema produtivo agrícola, pode-se avaliar seu desempenho energético ao identificar as principais fontes de energia utilizadas na produção. No caso da cafeicultura, tem se buscado ganhos de produtividade pela intensificação do uso de insumos industrializados e substituição da mão de obra pelo uso de máquinas.

Isso implica em aumento do uso de recursos não renováveis, principalmente em relação àqueles derivados do petróleo. Muito do cultivo de café segue essa lógica, inclusive na produção familiar, o que pode comprometer a sustentabilidade do sistema.

A produção de café orgânico possibilita a mitigação deste processo, ao reduzir a utilização de insumos de origem industrial pelo uso mais intensivo de matérias orgânicas para fins de fertilização do solo e controle de pragas e doenças.

O objetivo deste estudo é analisar o desempenho energético do café orgânico por meio de indicadores como Eficiência Cultural, Produtividade Cultural e Eficiência Energética, que proporciona a compreensão da dinâmica da produção do café orgânico, particularmente em relação à dependência de recursos energéticos não renováveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para a elaboração do itinerário técnico do café orgânico foram coletados junto aos produtores da região Sul do estado de Minas Gerais. Essa região foi escolhida por ser uma importante região de produção de café orgânico. Foram entrevistados 6 produtores nos municípios de Andradas, Poço Fundo e Campestre. Este total de produtores configura uma amostra intencional de produtores, cujos critérios de seleção foram: a) maior parte da renda advém do café orgânico, b) os produtores são familiares, c) existe um registro sistemático dos dados da produção que permite a reconstrução do itinerário técnico.

Os produtores analisados possuem uma área que varia de 2 a 9 ha de café orgânico, as principais variedades cultivadas são Catuaí Vermelho e Mundo Novo, e todos os produtores apresentam experiência com cafeicultura orgânica.

Os dispêndios energéticos foram quantificados com base nos requerimentos físicos de mão-de-obra, combustíveis, óleos lubrificantes, graxa, insumos orgânicos, corretivos de solo, mudas, micronutrientes e depreciação energética e as respectivas conversões em unidades energéticas. A saída energética foi determinada com base na produção de café em grão (verde) e sua conversão em unidades energéticas.

Os dispêndios energéticos foram agrupados segundo a origem da energia como se segue:

- 1) Energia direta de origem biológica: Mão de obra, mudas, insumos e corretivos orgânicos,
- 2) Energia direta de origem fóssil: Óleo diesel, óleo lubrificante e graxa,
- 3) Energia indireta de origem industrial: depreciação de máquinas e implementos e micronutrientes.

No caso da mão-de-obra o cálculo da energia investida pelos trabalhadores rurais nas diferentes operações do itinerário técnico, seguiu-se a metodologia proposta por Carvalho et al. (1974), descritas em Bueno (2002), e utilizadas por Romero (2005). Foram feitas as adaptações necessárias entre as atividades e os períodos de energia encontrados na literatura e realizadas pelos produtores rurais no sistema de produção orgânica de café e o dispêndio calórico final é apresentado em MJ.ha⁻¹.

Para avaliar o conteúdo energético das mudas de café, foi medido o poder calorífico superior (PCS) por meio de bomba calorimétrica, conforme a norma ABNT-NBR/ 8.693.

Foram utilizadas amostras de duas mudas de cada variedade (Mundo Novo e Catuaí vermelho). Após a separação das folhas, caule e raiz de todas as mudas, cada parte foi pesada separadamente e levada à estufa para secagem. Depois de secas foram trituradas e preparadas para serem queimadas na bomba calorimétrica. Após a queima foram somados os pesos de cada parte da planta. O PCS foi medido por meio da equação:

$$PCS = (K + Ma) / Ms \times \Delta t \quad (1)$$

Onde:

PCS = Poder Calorífico Superior (cal/g);

Ma = Massa de água utilizada no Calorímetro (g);

Δt = Gradiente de temperatura antes e após a combustão (°C);

K = Constante do calorímetro (g);

Ms = Massa seca da amostra (g).

Para os insumos orgânicos e corretivos de solo, as conversões em unidades energéticas foram feitas a partir de dados existentes na literatura, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes para conversão de unidades físicas em unidades energéticas dos insumos orgânicos utilizados na produção de café orgânico.

Entradas (input)	Unidade Física	Unidade Energética (kcal)	Unidade Energética MJ	Fonte
Resíduos vegetais e Biomassa				
(farelo de mamona)	kg	15.000	62,8	Souza (2006)
Esterco de gado	kg	30.000	125,6	Souza (2006)
Composto orgânico	kg	25.700	107,6	Souza (2006)
Casca de café	kg	3.933	16,47	Vale et al. (2007)
Esterco de galinha	kg	30.000	125,6	Vale et al. (2007)
Biofertilizantes	L	13.200	55,27	Souza (2006)
Calcário	kg	13.279	55,6	Bueno (2002)
Cinza	kg	112	0,47	Souza (2006)

Com relação aos dispêndios energéticos relativos às fontes de energia direta de origem fóssil, como combustível (óleo diesel e gasolina), óleos lubrificantes e graxas, também foram utilizados dados de conversão de unidades físicas em unidades energéticas a partir da literatura existente, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes para conversão de unidades físicas em unidades energéticas

Entradas (<i>inputs</i>)	Unidades energéticas	Fonte
Óleo diesel	40,48MJ. L ⁻¹	(BRASIL, 2009).
Óleo lubrificante	37,28MJ. L ⁻¹	(BRASIL, 2009).
Graxa	42,70MJ. L ⁻¹	(BRASIL, 2009).
Gasolina	32,22MJ. L ⁻¹	(BRASIL, 2009).

Com relação aos dispêndios energéticos relativos às fontes de energia direta de origem fóssil foram estimados os dispêndios energéticos relativos à depreciação energética de máquinas e implementos agrícolas e os dispêndios energéticos relativos ao uso de micronutrientes.

Nas operações mecanizadas, a equação determinante e os coeficientes calóricos para o cálculo da depreciação energética das máquinas e implementos foram os mesmos adotados por Comitre (1993), Bueno (2002) e Romero (2005), conforme se segue.

$$\text{Depreciação energética} = (a + b + c + d) \cdot \text{vida útil}^{-1} \quad (2)$$

Onde:

a = peso das máquinas ou implementos x coeficientes energéticos correspondentes

b = 5% de “a”

c = número de pneus x peso x coeficientes energéticos de referência

d = 12% de (a + b + c)

Vida útil = em horas

Utilizou-se os coeficientes energéticos para trator de 3.494 Mcal . t⁻¹ conforme Comitre (1993). Para pneus considerou-se o valor de 20.500 Mcal.t⁻¹ (DOERING III e PEART, 1977). No que diz respeito a implementos e outros equipamentos, adotou-se os coeficientes energéticos encontrados em Doering III (1980), correspondendo a 2.061 Mcal.t⁻¹ para implementos e equipamentos utilizados nas operações até o plantio ou semeadura e 1.995 Mcal.t⁻¹ para as demais operações pós-plantio ou semeadura. Estes valores também foram convertidos em MJ.

Para padronizar as medidas de massa, adotou-se a massa de embarque do trator, como sendo aquela sem contrapeso, água nos pneus, operador e tanque de combustível com somente 20 litros de óleo diesel (BORGES, 2001, citado por BUENO, 2002). A partir dessa definição, e com as informações dos catálogos dos fabricantes, calculou-se a massa final em aço de cada trator. A massa de cada pneu também foi obtida via catálogos dos fabricantes.

As informações sobre vida útil (em horas por ano) das máquinas e implementos agrícolas foram obtidas junto à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (2008).

Os micronutrientes são utilizados na cultura do café orgânico foram como sulfato de potássio, hidróxido de cobre, fertilizantes organominerais e sulfato de magnésio. Em razão de não terem sido encontrado valores específicos na literatura para estes compostos, adotou-se o valor calórico do sulfato de cobre que é de 400 kcal.kg^{-1} ou $1,67 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (FERRARO Jr., 1999).

Os dispêndios energéticos foram estimados para 20 anos de duração da cultura, sendo que os anos de produção foram divididos em função do comportamento bienal da cultura de café que corresponde à variação de níveis de produção de uma safra para outra.

Para obter a saída energética, foram utilizadas amostras de grãos de café (verde), que foram levadas à estufa para secar. Depois de secas, foram trituradas e preparadas para serem queimadas na bomba calorimétrica. O cálculo do PCS foi feito conforme a equação.

$$\text{PCS} = (\text{K} + \text{Ma}) / \text{Ms} \times \Delta t$$

Sendo: PCS – Poder Calorífico Superior (cal/g);

Ma = massa de água utilizada no Calorímetro (g);

Δt = Gradiente de temperatura antes e após a combustão ($^{\circ}\text{C}$);

K = Constante do Calorímetro (g);

Ms = Massa seca da amostra (g).

Utilizou-se os seguintes indicadores de eficiência energética:

1) Eficiência cultural = “saídas” úteis/ “entradas” culturais (BUENO, 2002)

2) Produtividade cultural = quantidade de produto/ “entradas” culturais.

3) Eficiência energética = Σ energias totais/ Σ das “entradas” de energias fósseis não renováveis (RISOUD, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os dispêndios energéticos por tipo, fonte e forma de energia bruta nos anos de implantação, condução e produção (2 anos) da cultura de café orgânico. Os anos de produção foram separados para caracterizar a diferença de uso de insumos e de produção segundo a bienalidade da cultura do café.

Tabela 3 - Dispendio por tipo, fonte e forma de energia bruta do sistema de produção de café orgânico, na implantação, condução e produção, safra 2009/2010, em MJ . ha⁻¹.

Itens de dispêndio energético	Implantação	Condução	Condução	Produção nos anos de bienalidade negativa (menor produção)	Produção nos anos de bienalidade positiva (maior produção)
Energia Direta Biológica					
Mão de obra	303,69	313,56	689,03	532,68	1048,89
Mudas	950,00	38,38	0,0	0,0	0,0
Insumos	112,67	29,12	621,38	480,61	325,27
Subtotal	1.366,36	381,06	1.310,41	1.013,29	1.374,16
Energia Direta Fóssil					
Gasolina	298,03	119,21	119,21	2577,60	6733,98
Diesel	1214,40	0,00	404,80	0,00	0,00
Subtotal	1.512,43	119,21	524,01	2.577,60	6.733,98
Energia Indireta Industrial					
Maquinas/ equipamentos	312,61	0,20	49,44	4,50	6,90
Micronutrientes	0,28	0,06	5,35	112,43	112,43
Subtotal	312,89	0,26	64,50	116,93	119,33
Total	3.191,68	500,53	1.889,21	3.707,82	8.227,44

Fonte: Elaboração própria (2011)

No ano de implantação, os maiores dispêndios energéticos referem-se ao uso de máquinas em função das operações de preparo de solo. Nesta fase, as mudas respondem por parte significativa dos dispêndios energéticos diretos de origem biológica.

O primeiro ano de condução foi o que apresentou o menor dispêndio energético total porque são realizadas poucas operações, sendo a mais importante a de controle de daninhas junto aos pés de café.

O período que apresentou o maior dispêndio energético total foi o de produção com bienalidade positiva, pois o dispêndio com mão de obra foi mais elevado, assim como o consumo de gasolina pela utilização de derriçadeira em função do maior volume colhido.

Para avaliar a saída energética utilizou-se os resultados obtidos do conteúdo energético do grão de café beneficiado, obtido por meio do PCS dos grãos de café verde sendo de 5520 kcal/kg ou 23,11MJ/kg.

A partir deste dado, verificou-se que o sistema de produção de café orgânico apresentou uma saída energética nos anos de menor produção de 27.732,00MJ.ha⁻¹, e nos anos de maior produção, a saída energética foi de 41.875,32 MJ.ha⁻¹. No tempo de duração total da cultura, as saídas energéticas totais foram de 626.465,88MJ . ha⁻¹.

3.1 Indicadores energéticos

Na Tabela 4 são apresentados os valores dos dispêndios energéticos totais, das saídas energéticas, do total de energias não renováveis e da produção.

Tabela 4 - Estimativa das entradas, saídas energéticas, entradas energéticas não renováveis e quantidade de produto do sistema de produção de café orgânico, nos anos 0 a 20, em MJ.ha⁻¹.

Anos	Entradas energéticas	Saídas energéticas	Entradas energéticas não renováveis	Quantidade do produto (SC)
0	3.191	0	1.512	0
1	500	0	119	0
2	1.889	0	524	0
3	3.707	27.732	2.577	20
4	8.227	41.875	6.733	30,2
5	3.707	27.732	2.577	20
6	8.227	41.875	6.733	30,2
7	3.707	27.732	2.577	20
8	8.227	41.875	6.733	30,2
9	3.707	27.732	2.577	20
10	8.227	41.875	6.733	30,2
11	3.707	27.732	2.577	20
12	8.227	41.875	6.733	30,2
13	3.707	27.732	2.577	20
14	8.227	41.875	6.733	30,2
15	3.707	27.732	2.577	20
16	8.227	41.875	6.733	30,2
17	3.707	27.732	2.577	20
18	8.227	41.875	6.733	30,2
19	3.707	27.732	2.577	20
20	8.227	41.875	6.733	30,2
Total	112.986	626.465	85.945	451,8

Fonte: Elaboração própria (2011)

O valor obtido para a Eficiência Cultural foi de 5,6 unidades energéticas, ou seja, para cada unidade energética aplicada no sistema, obteve-se o retorno líquido 4,6 unidades energéticas.

Com relação à Eficiência Energética, o valor obtido foi de 7,4 unidades de energia não renováveis aplicadas no sistema de produção de café orgânico, ou seja, para cada unidade de energia não renovável aplicada no sistema, obteve-se um retorno líquido energético de 6,4 unidades energéticas. A Produtividade Cultural foi de 5,54 kg.MJ⁻¹, ou seja, foram obtidos 5,54 kg do produto para cada MJ inserido no sistema.

4 CONCLUSÕES

Ao considerar a análise energética os resultados obtidos permitiram concluir que o sistema de café orgânico apresentou indicadores energéticos positivos, ou seja, pode ser considerado um sistema de produção energeticamente eficiente. Apesar disso, as fontes fósseis ainda representam um papel significativo na condução do sistema, em função principalmente dos dispêndios energéticos na colheita.

5 REFERÊNCIAS

BUENO, O. C. Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balanço energético nacional. Brasília, DF, 2009. 154 p. Disponível em: <<http://www.pdf.free.com>>. Acesso em: 23 mar. 2009.

CARVALHO, A.; GONÇALVES, G. G.; RIBEIRO, J. J. C. Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região vinícola de “Torres”. Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência, 1974. 79 p.

COMITRE, V Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto-SP. 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993. Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis Indiana: Purdue University, 1977. 128 p.

DOERING III, O. C. Accounting for energy in farm machinery and building. In: PIMENTEL, D. (Ed.). Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC, 1980. p. 9-14.

FERRARO JUNIOR, L. A. Proposição de método de avaliação de sistemas de produção e de sustentabilidade. 1999. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

RISOUD. B. Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. *Économie Rurale*, Paris, n. 252, p. 16-27, 1999.

ROMERO, M. G. C. Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciência Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SOUZA, J. L.; Balanços energéticos em cultivos orgânicos de hortaliças, Viçosa – MG. 2006. 207 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. Caracterização energética da biomassa e rendimento da carbonização de resíduos de grão de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira) (*cedrelinga catenaefomis*), Duke. In: Congresso Internacional de Agroenergia e Bicombustíveis 2007, Teresina. Anais... Teresina, 2007. CD-ROM.