



Agrossistema: Estimativa de Energia Cultural Presente em um Pomar

Carolina Dias Lelacher¹; Oscar Rocha Barbosa²; Patrícia dos Santos Matta²; Raphael do Couto Pereira³; Tetyana Gurova²; Josimar Ribeiro de Almeida²

✉ lelacher@hotmail.com

1. Dasi Consultoria E Engenharia

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

3. Troy University (EUA)

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 04 de março de 2024

Aceito em: 18 de agosto de 2025

Publicado em: 31 de agosto de 2025

Resumo: Um agroecossistema pode ser considerado uma cultura ou uma criação dentro de uma unidade de produção, envolvendo elementos externos que influenciam a sua dinâmica. Assim, o presente artigo objetiva-se apresentar uma estimativa de valores energéticos culturais decorrentes de um pomar. Portanto, para se efetuar a estimativa de valor energético e cultural desse agroecossistema considerou-se sobretudo o trabalho humano, o uso de pesticidas e máquinas. Dessa forma, a partir da análise do cálculo de custo, do valor econômico, investimentos, faturamentos, receita líquida; desde os anos de formação e produção da safra estudada, verificou-se que a produtividade do pomar possui expectativa em torno de 10 anos, apontando o êxito nas escolhas das metodologias utilizadas para a realização das estimativas.

Palavras-chave: Agricultura, Estimativa, Investimento, Agroecossistema.

Agrosystem: Estimate of Cultural Energy Present in an Orchard

Abstract: An agroecosystem can be considered a crop or livestock within a production unit, involving external elements that influence its dynamics. Thus, this article aims to present an estimate of the cultural energy values derived from an orchard. Therefore, in order to estimate the energy and cultural value of this agroecosystem, human labor, pesticide use, and machinery were primarily considered. Thus, based on the analysis of cost calculations, economic value, investments, revenues, and net income from the years of formation and production of the crop studied, it was found that the productivity of the orchard has an expected lifespan of around 10 years, pointing to the success of the methodologies used to make the estimates.

Keywords: Agriculture; Estimation, Investment, Agroecosystem.

Agrosistema: Estimación de la Energía Cultural Presente en un Huerto

Resumen: Un agroecosistema puede considerarse un cultivo o una ganadería dentro de una unidad de producción, en la que intervienen elementos externos que influyen en su dinámica. El objetivo de este artículo es, por tanto, presentar una estimación de los valores energéticos culturales resultantes de un huerto. Para estimar el valor energético y cultural de este agroecosistema, se han tenido en cuenta el trabajo humano, el uso de pesticidas y la maquinaria. Así, analizando los cálculos de costes, el valor económico, las inversiones, la facturación y los ingresos netos de los años de formación y producción del cultivo estudiado, se constató que se espera que la productividad del huerto dure unos 10 años, lo que indica el acierto de las metodologías utilizadas para realizar las estimaciones.

Palabras clave: Energía Cultural, Estimación, Inversión, Agroecossistema.

INTRODUÇÃO

Agroecossistemas têm como objetivo a manipulação dos recursos naturais a fim de otimizar a captura da energia solar e transferi-la para os seres humanos na forma de alimentos ou fibras (ANDRADE, 2022).

Dessa forma, o homem torna-se um componente ativo, organizando e gerenciando os recursos; dependendo da amplitude presente no agroecossistema estudado (HECHT, 1991; FERREIRA *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2023).

Segundo Altieri & Yurjevic (1991), num agroecossistema podem estar envolvidos elementos e/ou fatores externos às unidades de produção, que de uma forma ou de outra influenciam e/ou determinam a sua dinâmica, como os setores de apoio técnico ou creditício, o mercado, as indústrias de insumos e de transformação.

Portanto, o estudo da eficiência do uso da energia para avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas tem recebido atenção especial ao longo dos anos (ALMEIDA *et al.*, 2022). A eficiência do uso de energia pode ser medida pelo balanço da mesma ou pela relação *output/input*, a qual determina-se quantificando a energia obtida na forma de produto em relação à energia cultural utilizada no sistema para produzi-la (HEITSCHMIDT *et al.*, 1996).

O *output* de energia é determinado pela conversão direta do rendimento de produtos (kg de grãos, carne, leite, outros) em energia (kcal ou kj), de acordo com o conteúdo de energia bruta de cada unidade de produto. O *input* de energia é mais complexo podendo incluir variáveis tipos de entrada de energia, como a energia gasta pelo trabalho do homem, pelo transporte de insumos e produtos, energia gasta na manufatura das máquinas, e sua identificação e quantificação exata são mais difíceis de serem feitas.

Isto posto, a relação *output/input* fornece uma indicação do nível de dependência de um agroecossistema qualquer por fontes externas de energia e da possibilidade de sobrevivência daquele modelo diante da finitude de tais fontes de energia (HEITSCHMIDT *et al.*, 1996).

Assim, um agroecossistema pode ser considerado uma cultura ou uma criação dentro de uma unidade de produção, podendo ser a própria unidade, o conjunto das unidades de produção de uma região, de um país, ou mesmo, do mundo todo.

De acordo com Cunha *et al.* (2023), energia cultural trata-se de toda a forma de energia manipulada diretamente pelo homem para o seu uso, como a energia do petróleo, hidráulica, eólica, nuclear.



A energia cultural representa aproximadamente 4% da energia total gasta pelo homem, diferentemente da energia radiante utilizada em processos fotossintéticos e transpiratórios. Considerando-se a assimilação clorofiliana, a eficiência na utilização da luz solar (400 a 700nm) é muito baixa, (de 0,1 a 0,5% em condições de campo), dependendo da cultura e das condições do ambiente que ditam o substrato ecológico (SPEDDING *et al.*1981).

Portando, para cada mol de CO₂ reduzido a glicídios são necessários 112 cal de energia, sendo que as plantas superiores, por serem ineficientes, utilizam 10 eisteins por molécula de CO₂ reduzida, o que envolve a energia de 520 cal. (SPEDDING *et al.*, 1981).

Desse modo, tendo em vista as dinâmicas socioeconômicas presentes na agricultura, no que tange à sobrevivência e estabilidade da unidade de produção; este estudo objetiva-se realizar uma estimativa da energia cultural dos serviços e insumos presentes em um pomar.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar uma estimativa da energia cultural dos serviços e insumos presentes em um pomar; utilizou-se os seguintes métodos:

1) Para a estimativa da Energia Cultural Direta (ECD) do agroecossistema agrícola estudado (localização confidencial), adotou-se como referência Cunha *et al.* (2023), onde considera-se a energia gasta na fabricação do trator e implementos utilizados no preparo do solo;

2) Para a estimativa de Energia Cultural Indireta (ECI), utilizou-se Almeida *et al.* (2003), onde considera-se que a razão entre os calores sensível (H) e latente (λ E) representa uma forma de estudar a partição de energia disponível (B), isto é: $\beta = H / \lambda E$.

Portanto, a equação do balanço de energia, para uma vegetação de pequeno porte (cultivares), pode ser escrita da seguinte forma (ALMEIDA *et al.*, 2003:

$$\lambda E = R_n - G / 1 + \beta, \text{ para } \beta \neq 1 \text{ (equação 1).}$$

3) Pela variação de pressão de saturação, utilizou-se a equação de Clausius-Clapeyron (WEBB, 1979), que descreve a variação da pressão de saturação do ar em função da temperatura, obtém-se: $s = \Delta e_s / \Delta T_u = e_{su2} - e_{su1} / T_{u2} - T_{u1}$ em que s é a tangente à curva de saturação (gráfico psicrométrico).

4) Para calcular o custo de formação, utilizou-se ABNT-NBR 8799/85, conforme a expressão algébrica corresponde a : $VA_p = CF_p + VE_p$.

onde: VA_p = Valor Atual (na data de elaboração do laudo) do pomar avaliado; CF_p = Custo de Formação [Custo de Implantação (CI) + Custo de Manutenção (CM) + Custos de Oportunidade dos Desembolsos Efetuados ou Juros Produzidos (J)¹ à Taxa (i)].

O Custo de Formação é estabelecido com base na seguinte expressão:

$$CF_p = Cl_t \cdot (1 + i)^{n-t} + \sum_{T=0}^n CM_t \cdot (1 + i)^{n-t} \quad (I)$$

5) Para avaliação econômica consideram-se os desembolsos (Despesas de Investimentos) até o 4º ano, se aplicados alternativamente no mercado financeiro, produziria juros na razão de 6 % a.a (Caderneta de Poupança).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Cunha *et al.* (2023), energia cultural engloba os gastos com máquinas, animais e trabalho humano nos processos de plantio, pulverizações, adubações e colheita; subdividindo-se em ECD (Energia Cultural Direta) e ECI (Energia Cultural Indireta) resultante da energia que foi gasta na fabricação, seja natural ou artificial dos insumos, tais como sementes, fertilizantes e pesticidas (Tabela 1):

Tabela 1. Estimativa da energia cultural dos serviços e insumos do agroecossistema pomar.

Serviços ou Insumos	Unidade	Entrada de Energia por Unidade (K cal)
Destocamento, ençoivamento e queima	d / h	1800
Preparo do solo	h / tr	23.910
Marcação, coveamento e plantio	d / h	1800
Capinas e Cultivador Retoques à enxada	d / h / boi	14.400
Desbaste	d / h	1800
Pulverização	d / h	1800
Colheitas	d / h	1800
Controle dos ramos	d / h	1800
Semente	Kg	4200
Defensivos Agrícolas	litro	4950
Combustível	litro	9583

Fonte: Os próprios autores, 2025.

Para a estimativa da Energia Cultural Direta (ECD) do agroecossistema agrícola estudado (localização confidencial), adotou-se como referência Cunha *et al.* (2023). Portanto, assumindo uma vida útil de dez anos, obteve-se a fração de 95.640 Kcal / ha / ano, sendo o gasto de referência de 18.700.000 Kcal /t.

Para os cálculos dos gastos energéticos de homem / dia de trabalho, considerou-se a quantidade de 225 Kcal / hora de trabalho e oito horas de trabalho por dia e, para uma hora de trabalho de um boi, considerou-se o gasto de 1.575 Kcal.

Com relação ao consumo de combustível, foi considerado o gasto de 7 litros / hora e com um tempo médio de quatro horas para preparar 1,0 ha. Considerou-se que 1,0 Kg de sementes usadas no pomar possui 4000,0 Kcal e 1,0 Kg de sementes 4200,0 Kcal.

Um litro de óleo diesel, combustível de trator, possui 9.583 Kcal. Um litro de inseticida, incluindo a produção e seu processamento, demanda 4.950 Kcal e para a fabricação de 1 Kg de P₂O₅, elemento básico dos fertilizantes fosfatados, na produção e processamento, consomem-se 3.344 Kcal (HEICHEL, 1974; STROSKOPF, 1981).

Para a estimativa de Energia Cultural Indireta (ECI), utilizou-se como metodologia, Almeida *et al.* (2003), onde considera-se que a razão entre os calores sensível (H) e latente (λE) representa uma forma de estudar a partição de energia disponível (B), isto é: $\beta = H / \lambda E$. O valor de β depende fundamentalmente das condições hídricas da superfície evaporante do agrossistema.

Portanto, a equação do balanço de energia, para uma vegetação de pequeno porte (cultivares), pode ser escrita da seguinte forma (ALMEIDA *et al.*, 2003:

$$\lambda E = R_n - G / 1 + \beta, \text{ para } \beta \neq 1 \text{ (equação 1).}$$

Para o agroecossistema estudado, obteve-se os seguintes dados para o balanço de energia cultural indireta: z = 50 cm, T_u = 24,4°C, T_s = 29,6°C; z = 80 cm, T_u = 23,9°C, T_s = 29,0°C; R_n 630 Wm⁻²; G = 74,6 Wm⁻².

Considerando:

$$\beta = (\Delta T_u / \Delta T_s (1 - W) - 1)^{-1}; \Delta T_u = 0,5; \Delta T_s = 0,6; W = 0,483 + 0,01 e T_u = 0,483 + 0,01 (24,4 + 23,9 / 2) = 0,725 \text{ então } \beta = 0,495; \lambda E = 630 - 74,6 / 1 + 0,495 = 371,5 \text{ W m}^{-2} \text{ e } E_t = 0,542 \text{ mm hr}^{-1}.$$

De acordo com Almeida *et al.* (2003), se a superfície estiver umedecida, maior parte de R_n (Superfície Evaporante) será utilizada em λE , resultando em β pequeno. Se, pelo contrário,

a superfície apresentar restrição hídrica, maior parte de R_n será utilizada no aquecimento do ar, resultando em β elevado. Tanto λE como H são negativos quando fluem da superfície para o ar, e positivos no sentido contrário.

Logo, para uma superfície evaporante, o sinal de β depende apenas do sinal de H . Se H for positivo, β será negativo; se H for negativo, β será positivo. Portanto, β negativo significa que está havendo transporte de calor sensível do ar mais quente para a superfície mais fria, condição de advecção ou de inversão térmica; nesse caso, λE pode até suplantear R_n pois H representa um adicional de energia disponível à superfície evaporante.

Pela variação de pressão de saturação, utilizou-se a equação de Clausius-Clapeyron (WEBB, 1979), que descreve a variação da pressão de saturação do ar em função da temperatura, obtém-se: $s = \Delta e_s / \Delta T_u = e_{su2} - e_{su1} / T_{u2} - T_{u1}$ em que s é a tangente à curva de saturação (gráfico psicrométrico).

$$\text{logo, } \Delta e_a = s \Delta T_u + \gamma \Delta T_u - \gamma \Delta T_s = \Delta T_u (s + \gamma) - \gamma \Delta T_s \text{ (equação 2).}$$

Substituindo-se Δe_a na equação de β resulta em: $\beta = \gamma \Delta T_s / [\Delta T_u (s + \gamma) - \gamma \Delta T_s]$; $\beta = [(s + \gamma) / \gamma] (\Delta T_u / \Delta T_s - 1)^{-1} = [\Delta T_u / (1 - W) \Delta T_s - 1]^{-1}$ em que $W = s / (s + \gamma)$ é o fator de ponderação (WEBB, 1979).

À medida que β se aproxima de -1 essa equação torna-se indefinida. $\beta = -0,5$ parece ser o limite de confiança dessa equação. Pelo método aerodinâmico: $\lambda E = -K_e \rho \lambda (dq / dz)$. Analogamente, $H = -K_h \rho c_p (dT / dz)$.

Logo $\beta = H / \lambda E = c_p (dT / dz) / \lambda (dq / dz)$. Pela definição de umidade específica ($q = 0,622 e_a / P$) a equação anterior resulta em: $\beta = \gamma dT / de_a$ em que $\gamma = c_p P / 0,622 \lambda$ é o coeficiente psicrométrico.

Na prática, mede-se T e e_a em duas alturas acima da superfície evaporante; portanto, dT e de_a são aproximados pelas diferenças ΔT e Δe_a . Utilizando-se um conjunto psicrométrico obtém-se: $\Delta e_a = e_{a2} - e_{a1} = e_{su2} - e_{su1} - \gamma (T_{s2} - T_{s1}) + \gamma (T_{u2} - T_{u1})$.

Para calcular o custo de formação, utilizou-se ABNT-NBR 8799/85, conforme a expressão algébrica corresponde a :

$$V_{Ap} = C_{Fp} + V_{Ep},$$

onde: VA_p = Valor Atual (na data de elaboração do laudo) do pomar avaliado; CF_p = Custo de Formação [Custo de Implantação (CI) + Custo de Manutenção (CM) + Custos de Oportunidade dos Desembolsos Efetuados ou Juros Produzidos (J)¹ à Taxa (i)].

O Custo de Formação é estabelecido com base na seguinte expressão:

$$CF_p = C_{It} \cdot (1+i)^{n-t} + \sum_{T=0}^n CM_t \cdot (1+i)^{n-t} \quad (I)$$

Enquanto o Valor Econômico do agroecossistema avaliado (VE_p), é obtido através da expressão $VE_p = RL \cdot [(1+i)^n - 1 / i \cdot (1+i)^n] - r \cdot [(1+i)^n - 1 / i \cdot (1+i)^n]$

Onde: RL = Fluxo de Receitas Líquidas Futuras, $RL = RL_1 = RL_2 = \dots = RL_n$, com $t = 0, 1, 2, \dots, n$, períodos; r = Coeficiente de risco associado a queda no Fluxo de Receitas Líquidas decorrentes de queda na produção e/ou redução no preço do produto no mercado.

Este procedimento alternativo estabelece um Custo de Oportunidade para o capital investido. Assim, para que cada desembolso corresponda a um montante ao final de $(n - t)$ períodos, deve ser considerado no custo de formação do agroecossistema.

Portando, levando-se em consideração a taxa de 10% equivalente à Variável Risco e o Fator de Valor Presente para uma série uniforme de pagamentos (ou rendimentos) futuros obteve-se dado por $[(1+i)^n - 1 / i \cdot (1+i)^n]$. Reorganizando os termos da expressão VE_p , obtém-se: $VE_p = (1 - r) \cdot RL \cdot [(1+i)^n - 1 / i \cdot (1+i)^n]$; resultando na estimativa da energia cultural dos serviços e insumos presentes em um pomar.

Assim, com uma avaliação sendo feita logo após efetuada a primeira colheita e com um custo de formação de: $CF_c = \$ 2.736,74 / \text{ha}$, para obter-se o valor econômico do agroecossistema, verificou-se a Receita Líquida a descontar proveniente da primeira safra, conforme apresentado a seguir:

$VE_p = (1 - 0,10) \cdot 505,11 = [(1 + 0,06)^3 - 1 / 0,06 \cdot (1 + 0,06)^3] = \$ 1.215,15 / \text{ha}$, portanto, $VA_p = CF_p + VE_p = 2.736,74 + 1.215,15 = \$ 3.951,89 / \text{ha}$. Dessa forma, $CF_p = 376,75 \cdot (1,06)^5 + 300,00 \cdot (1,06)^4 = \$ 882,92 / \text{ha}$.

Com base nos resultados dos cálculos acima estima-se que para cobrir os investimentos efetuados serão necessárias duas safras futuras, considerando a produtividade de 560 caixas / ha, ao preço de \$ 2,30 / caixa.

Portanto: $VE_p = (1 - 0,10) \cdot 505,11 \cdot [(1 + 0,06)^2 - 1 / 0,06 \cdot (1 + 0,06)^2] = \$ 833,46 / \text{ha}$.

O Valor Atual do agroecossistema será: $VA_p = CF_p + VE_p = 833,46 + 882,92 = \$ 1.716,38 /$ ha.

Como na região do imóvel avaliado, a vida útil de um agroecossistema estimado foi de 10 anos, e considerando que o pomar encontra-se no final de sua vida útil, logo, se a avaliação é efetuada numa data anterior a última safra, o Valor Atual do Pomar será dado apenas por: $VA_p = VE_p = (1 - 0,10) \cdot 505,11 \cdot [(1 + 0,06)^1 - 1 / 0,06 \cdot (1 + 0,06)^1] = \$ 428,87 /$ ha.

Levando-se em O Valor Atual de um agroecossistema no 2º ano de formação. O agroecossistema em formação começa a produzir no 4º ano de sua formação. Nesse caso, o Custo de Formação foi dado apenas pelo Custo de Implantação mais o Custo de Manutenção do primeiro ano.

Dessa forma, verificou-se que a energia cultural proveniente do pomar em questão, envolve o conteúdo de energia embutida nos insumos e serviços utilizados na condução das lavouras, sendo função dos níveis tecnológicos utilizados pelos produtores, da própria cultura, onde cada uma tem suas particularidades e potencialidades, do índice de colheita e dos níveis de rendimento obtidos com relação à parte da fitomassa formada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, considerando que a energia cultural envolve o estudo de energia associada aos diversos fatores decorrentes do agroecossistema, como trabalho humano, pesticidas, uso de máquinas e impacta de forma direta ou indireta no solo e na sua capacidade de rendimento e formação da fitomassa. Conclui-se que, para se efetuar uma estimativa de valor energético e cultural do agroecossistema pomar as metodologias propostas foram satisfatórias, apontando vida útil do referido agroecossistema em dez anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIER, J.M. **Curso de economia ecológica**. México DF: Instituto Latinoamericano de Ecologia Social (Red de Formación Ambiental dei PNUMA), 1996. 62p. (material docente).

ALMEIDA, J. R., BAHÉ, J. M. C., PEREIRA, R. C. Fontes de energia alternativas. *In*: PACHECO, C. S. G., SANTOS, R. P. **Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente: Retrocessos e novas perspectivas – Volume 2**. São Paulo: Científica Digital, 2022. p. 276-288.

ALTIERI, M.A., YURJEVIC, A. **Agroecologia y desarrollo**. Santiago : CLADES, 1991. La agroecologia y el desarrollo rural sostenible en América Latina: p. 25-36.

ANDRADE, L. A. Desmitificação da propaganda federal sobre a ideia positiva do agronegócio no Brasil. *In*: BRANDÃO, L. M. S., BARBOSA, M. S., MOTA, D. A., FREITAS, P. G. **Multiplicidades do Meio Ambiente na contemporaneidade**. Rio de Janeiro: E- Publicar, 2022. p. 93-102.

CUNHA, T. S., LELACHER, C. D., VITORIO, C. V. A., ALMEIDA, J. R., BARBOSA, O. R., MATTA, P. S., PEREIRA, R. C., GUROVA, T. Custo ecológico do uso integral de recursos florestais para fins energéticos. *Iz* BRANDÃO, L. M. S., BARBOSA, M. S., MELLO, R. G. Meio Ambiente e desenvolvimento sustentável: Tendências, desafios e oportunidades. Rio de Janeiro: E-Publicar, 2023. p. 172-181.

FERREIRA, L. C.; PEREIRA, R. C.; BARBOSA, O. R.; CUNHA, T. S.; GUROVA, T.; ALMEIDA, J. R. Diagnóstico ambiental de agentes e interferentes ambientais e seus efeitos em sistemas climáticos. *Environmental Scientiae*, v.4, n.2, p.1-8, 2022.

HECHT, S.B. La evolución del pensamiento agroecológico. **Agroecologia y desarrollo**. Santiago : CLADES, 1991. p. 2-15.

HEICHEL, G. H. **Comparative efficiency of energy use in: crop production**. New Haven: Connecticut Agr. Exp. Station. 1974. 26 p. (Connecticut Bull., 739)

HEITSCHMIDT, R.K., SHORT, R.E., GRINGS, E.E. **Ecosystems, sustainability, and animal agriculture**. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 74, p. 1395-1405, 1996.

SANTOS, J. N.; VITORIO, C. V. A.; PEREIRA, R. do C.; NETTO, A. T.; MATTA, P. dos S.; DA CUNHA, T. S.; GUROVA, T.; LIMA, E.; DE ALMEIDA, J. R. Custo ecológico do uso integral de recursos florestais para fins energéticos. **Brazilian Journal of Development**, */S. L./*, v. 9, n. 2, p. 8567-8578, 2023.

SPEDDING, C. R. W.; WALSHINGHAM, J. M.; HOXEY, A. M. **Biological efficiency in agriculture**. London: Academic Press, 1981.

STOSKOPF, N. C. **Understanding crop production**. Reston, Virginia: Reston Publishing Company, 1981, p. 279-310.

WEBB, E. K. 1979. **Profile relationships**: The log wear range and extension to strong stability. *Quarterly Journal Royal Metodology Society*, 96: 67-90.