conexão
DOI: 10.5212/Rev. Conexao.v19.22512.063

PRODUÇÃO DE UVAS NA AGRICULTURA FAMILIAR DA REGIÃO LITORÂNEA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: BALANÇO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

GRAPES PRODUCTION IN FAMILY FARMING IN THE COASTAL REGION OF THE STATE OF ESPÍRITO SANTO: BALANCE AND ENERGY EFFICIENCY

Submissão:
16/10/2023
Aceite:
15/02/2024

Cássio Vinícius de Souza [1] https://orcid.org/0000-0001-9926-2577
José Aires Ventura [2] https://orcid.org/0000-0003-1422-1739
Jacimar Luis de Souza [3] https://orcid.org/0000-0002-0986-0053
Diolina Moura Silva [4] https://orcid.org/0000-0003-3885-280X
Carlos Alberto Sangali de Mattos [5] https://orcid.org/0009-0005-8944-2386
Andressa Ferreira Alves [6] https://orcid.org/0000-0002-1777-1149

Resumo

Para conhecer os impactos tecnológicos, ambientais e socioeconômicos da viticultura em uma região de clima quente no estado do Espírito Santo, foram avaliados os fluxos energéticos na viticultura de base familiar no município de Guarapari, região litorânea do Estado. Utilizaram-se dados de produção de onze propriedades familiares. Verificou-se o aporte energético (MJ) dos componentes envolvidos em um hectare de cultivo. As energias, categorizadas em direta e indireta, contribuíram com 60,9% (18.767,24 MJ) e 39,1% (12.027,1 MJ) das entradas, respectivamente. A energia renovável contribuiu com 24,2% (7.453,01 MJ) e a não renovável com 75,8% (23.341,24 MJ) das entradas. Como saída energética, consideraram-se as uvas maduras com 181.953,05 MJ. A Eficiência Energética (EE), Conversão Energética (CE), Energia Específica (EES) e Energia Líquida Disponível (ELD) foram de 5,91; 0,50 kg MJ^{-1}; 2,00 MJ kg^{-1} e 151.158,81 MJ, respectivamente. Apesar da grande utilização de recursos não renováveis, os sistemas da viticultura na região quente estudada mostraram-se sustentáveis.

Palavras-chave: Viticultura; *Vitis labrusca*; Niágara Rosada; Isabel Precoce; Energia

[1] Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper *cassiovsouza@gmail.com*
[2] Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper *ventura@incaper.es.gov.br*
[3] Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper *jacimarsouza@yahoo.com.br*
[4] Professora Titular da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES *diolina.silva@ufes.br*
[5] Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper *santateresa@incaper.es.gov.br*
[6] Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper *andressalves2015@gmail.com*

Abstract

In order to understand the technological, environmental, and socioeconomic impacts of viticulture in a hot climate region in the state of Espirito Santo, this study evaluated the energy flows of family-based viticulture in the municipality of Guarapari, a coastal region of the aforementioned state. The study analyzed the production of eleven family properties and evaluated the energy input (MJ) of the components involved in one hectare of farming. Direct and indirect energies contributed 60.9% (18,767.24 MJ) and 39.1% (12,027.1 MJ) of the inputs, respectively. Renewable energy contributed 24.2% (7,453.01 MJ), and non-renewable energy contributed 75.8% (23,341.24 MJ) of the inputs. Mature grapes were considered as energy output, totaling 181,953.05 MJ. Energy Efficiency (EE), Energy Conversion (EC), Specific Energy (SE), and Available Net Energy (ANE) were calculated as 5.91; 0.50 kg MJ^{-1}; 2.00 MJ kg^{-1}; and 151,158.81 MJ, respectively. Despite the significant use of non-renewable resources, the viticulture systems in the hot region studied, appeared to be sustainable.

Keywords: Viticulture; *Vitis labrusca*; Niagara Rosada; Early Isabella Grape; Energy

Introdução

O estado do Espírito Santo, mesmo sendo um dos menores estados da federação em extensão territorial, possui uma grande diversidade de ambientes edafoclimáticos. Isso possibilita uma diversidade de usos desses ambientes, com diferentes espécies cultivadas. Para a fruticultura, esse fator é de extrema relevância, uma vez que possibilita os cultivos de fruteiras temperadas e tropicais. Dessa forma, disponibiliza ao fruticultor opções para a diversificação da produção, agregação de valor, melhoria dos rendimentos econômicos, produção de alimentos mais saudáveis e capacidade de contribuir para a segurança alimentar e nutricional de sua família e para o consumidor.

Atualmente, no estado do Espírito Santo, a produção de uvas está presente em 222 propriedades e ocupa uma área de produção de 197 ha. Em 2021, com rendimento médio de 16.030 kg ha^{-1}, a atividade possibilitou uma produção total de 3.158 toneladas de uvas, o que movimentou recursos na ordem de R$ 19.517.000,00, resultando em um preço médio pago ao produtor de R$ 6,18 kg^{-1} de uva comercializada (IBGE, 2022).

O cultivo da videira, mesmo ainda sendo uma atividade incipiente no Espírito Santo, mostra-se importante para o estado, principalmente por sua característica de produção familiar, e por se tratar de um produto de alto valor agregado. Dentre as diretrizes estratégicas traçadas para a cadeia produtiva, mostram-se como prioritárias o aumento e a melhoria da qualidade da produção. O caminho definido para o avanço dessas diretrizes passa por ampliar a área de cultivo e número de produtores, além da utilização de cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas do estado. A adoção de técnicas adequadas de implantação, produção e pós-colheita também tem grande relevância junto a essa cultura (Espírito Santo, 2015).

A viticultura possui como característica a utilização intensiva de insumos e mão de obra. Nas regiões de clima quente, isso se intensifica ainda mais, uma vez que a planta vegeta o ano todo, o que, associado a outras práticas de manejo das plantas, possibilita obter mais de uma safra por ano. Khoshroo *et al*. (2018) consideram que, atualmente, na viticultura e na produção agropecuária como um todo há uma significativa demanda de energia. Portanto, o uso eficiente de energia nas atividades

agrícolas é um passo necessário para diminuir os problemas socioambientais e aumentar a sustentabilidade.

A estimativa de rendimento das culturas agrícolas com base no uso de energia gera informações muito importantes para agricultores, o governo e as indústrias. Também há importância para a sociedade de maneira geral, uma vez que esses indicadores energéticos podem contribuir para a formatação de políticas públicas voltadas a todos os envolvidos na cadeia do agronegócio, podendo, ainda, indicar aos consumidores produtos mais sustentáveis, produzidos com menores impactos ambientais.

Mesmo quando não são completamente precisos, os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas. Devido à existência de numerosos trabalhos neste sentido em todas as partes do mundo, justificam-se mais estudos (Campos; Campos, 2004). Sob essa ótica, a busca de uma rota crescente pela sustentabilidade dos processos produtivos é cada vez maior. A complexidade dos agroecossistemas dificulta uma delimitação ampla para avaliar os níveis de sustentabilidade. Dessa forma, estudos específicos podem contribuir para o entendimento de como pontos na cadeia impactam nos ideais de sustentabilidade: economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo (Teixeira *et al*., 2020).

A sustentabilidade, na maioria das vezes, é vista apenas sob a ótica das dimensões econômicas, sociais e ambientais. Contudo, quando a dimensão energética é considerada, há uma melhor caracterização dos agroecossistemas, sob a luz dos seus níveis de sustentabilidade. Isso proporciona um novo cenário de evolução no meio rural, sobretudo nos agroecossistemas de base familiar (Zambon *et al*., 2018; Souza *et al*., 2009). A sustentabilidade dos agroecossistemas também passa pela necessidade de se obterem balanços energéticos positivos, de maneira a compatibilizar a relação entre produção e o consumo de energias não renováveis (Caporal; Costabeber, 2002).

A tendência atual é de que a avaliação de impacto das atividades agropecuárias revista-se cada vez mais de importância, na medida em que se procura estimar os efeitos e benefícios tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais de uma atividade e/ou tecnologia (Moraes *et al*., 2018). Estudos abordando os fluxos energéticos na produção de uvas são muito escassos na literatura. Portanto, há necessidade de gerar informações sobre o uso da energia e seus fluxos nessa atividade (Karimi; Moghaddam, 2018). A melhoria da eficiência energética não só ajuda aumentar a competitividade através da redução de custos, mas também resulta na minimização das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e impactos ambientais.

A análise de energia nos sistemas de produção permite identificar o desempenho dos cultivos, independentemente do tamanho da propriedade e das práticas adotadas (Mohseni *et al*., 2019). Esses estudos, além de fornecerem informações sobre o funcionamento das atividades produtivas, funcionam como uma ferramenta auxiliar para apresentar à sociedade a efetividade dos seus resultados, frente aos recursos públicos aplicados na implementação de tecnologias e políticas públicas de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER).

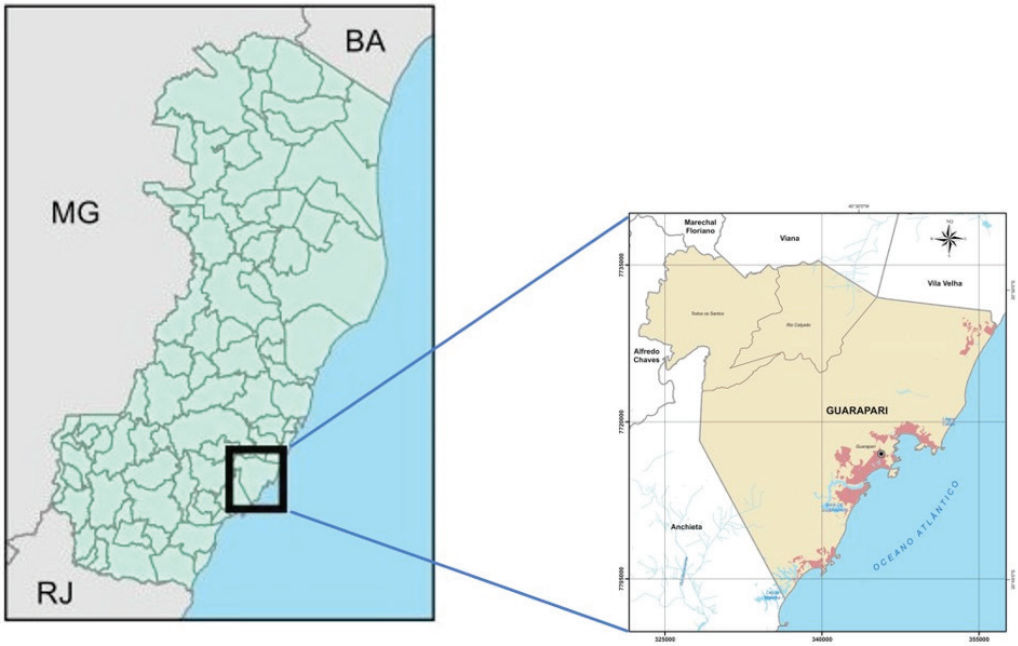
Com o propósito de desenvolver sistemas mais sustentáveis de produção, o objetivo deste estudo foi avaliar os fluxos energéticos na produção de uva em propriedades de base familiar, no litoral sul do estado do Espírito Santo, Brasil, viabilizando a mensuração dos impactos de sustentabilidade para a atividade, sob a ótica do balanço e eficiência energética.

Método

Sistema de cultivo, região de estudo e ações de pesquisa e extensão

Os estudos dos fluxos energéticos foram realizados no município de Guarapari-ES, Brasil (latitude de 20° 38’ 25.10” e longitude de 40°28’53.80”) (Figura 1). O clima da região, conforme classificação de Köppen, é o Aw - Clima tropical, com inverno seco. A temperatura média anual é de 23,3°C, a precipitação média anual é de 1.307 mm e a umidade relativa média anual é de 80%. A altitude média da região de estudo é de 40 m e o relevo é suave ondulado.

Figura 1. Localização do município de Guarapari, litoral sul do estado do Espírito Santo, Brasil.



Fonte: Incaper (2020).

A videira é uma planta originária de regiões temperadas, mas com possibilidade de adaptação às regiões tropicais. A planta necessita de um período de repouso vegetativo para que acumule reservas nutricionais que serão utilizadas na formação da safra seguinte. Nas regiões de clima temperado, a planta é induzida a entrar no repouso vegetativo pela queda de temperatura.

Já nas regiões tropicais, a videira vegeta o ano todo. Dessa forma, o estímulo para que a planta entre em repouso vegetativo é fornecido pela redução da lâmina de irrigação. Nessa conjuntura, nas regiões tropicais, é possível realizar duas safras por ano. Diante disso, foi implementado o Programa Municipal de Fomento à Viticultura de Guarapari. Realizaram-se diversas ações, como palestras técnicas e motivacionais, excursões em regiões com produção consolidada, em outras regiões do Estado, visitas técnicas e outras ações, com a finalidade de capacitar os produtores rurais por meio dos serviços de pesquisa e ATER do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural-Incaper.

Coube ao município de Guarapari subsidiar as mudas, que, em 2018, foram 12.500 mudas certificadas e fiscalizadas de cultivares de videira, para um público previamente selecionado e capacitado, conforme os critérios do programa. Em 2019, subsidiaram-se mais 10.000 mudas, e no ano de 2020, mais 10.000. Os projetos executivos foram elaborados e as ações de Pesquisa e ATER, desde o início

do programa, foram realizadas pelas equipes técnicas do Incaper e da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

A escolha da região de estudo baseou-se nas premissas da existência de um programa bem definido e estruturado de desenvolvimento rural por meio da viticultura; da participação efetiva do Governo do Estado do Espírito Santo no programa, por meio dos serviços de Pesquisa e ATER e da UFES. As lavouras avaliadas foram implantadas no ano de 2018, com as cultivares Niágara Rosada e Isabel Precoce (*Vitis labrusca L.*), no espaçamento de 3 metros entre linha e 2 metros entre plantas, conduzidas pelo sistema de latada. A cobertura da latada foi construída em malha tecida com fios de polietileno (sombrite), para evitar o ataque de pássaros. Todos os tratos culturais foram realizados conforme recomendação para a cultura.

O sistema foi delimitado com base em dados médios de produção de 11 pomares de agricultores familiares. Os custos energéticos foram estimados por hectare (ha) de cultivo. O período de acompanhamento foi de duas safras (2020 e 2021), as quais tiveram duração média de 120 dias, iniciados da poda até a colheita. Os dados foram obtidos mediante visitas técnicas e entrevistas com os agricultores familiares, bem como pela disponibilização de dados pelos serviços oficiais de Pesquisa e ATER do Incaper, no estado do Espírito Santo.

Foram contabilizados todos os insumos, incluindo trabalho humano, máquinas e equipamentos, gasolina, eletricidade, fertilizantes químicos, esterco, inseticidas, fungicidas, água de irrigação e outros inerentes ao processo produtivo. A energia solar, seja na forma de radiação ou calor, não foi levada em consideração neste estudo, uma vez que, de acordo com Keshavarz Afshar *et al*. (2013), essa energia é considerada uma fonte energética gratuita nos estudos de análise energética de sistemas agrícolas.

O dispêndio energético inerente às atividades de formação das lavouras não foi levado em consideração. Rahmani *et al*. (2022) reportaram a vida útil média de uma videira em torno de 80 anos. Dessa forma, o custo energético de formação das lavouras torna-se desprezível. Os atributos energéticos foram categorizados em energias direta (trabalho humano, combustíveis e lubrificantes, defensivos, calcário, fertilizantes e água de irrigação) e indireta. Essa última considera as entradas empregadas na fabricação de equipamentos, nas construções, nas instalações e outros *inputs* necessários à produção. Para a energia indireta, utilizou-se a depreciação energética, levando-se em consideração o tempo de utilização e a vida útil dos equipamentos. Os insumos também foram classificados em fontes renováveis (trabalho humano, esterco e água de irrigação) e não renováveis (combustível, produtos químicos, máquinas e equipamentos) (Malwe *et al*., 2022; Karimi; Moghaddam, 2018).

Entradas, coeficientes energéticos, conversão e indicadores

Calcário: o quantitativo energético referente ao calcário foi estimado com base no equivalente energético de 170 MJ Mg^{-1} (Silva *et al*., 2020), e foi relacionado com a quantidade média em Mg ha^{-1} recomendada pelas Pesquisa e ATER oficiais do estado do Espírito Santo.

P2O5: considerou-se, para a entrada pentóxido de fósforo, o coeficiente de 10,3 MJ kg^{-1} (Paris *et al*., 2022) Relacionou-se esse coeficiente com o total em kg ha^{-1} do fertilizante utilizado nos ciclos avaliados. K2O: a composição energética relativa ao consumo de K2O foi estabelecida relacionando o total em Kg ha^{-1} de fertilizante utilizado nos ciclos avaliados, com o equivalente de 7,0 MJ kg^{-1} (Paris *et al*., 2022).

Nitrogênio (N): a quantidade de energia estimada para a entrada N foi calculada relacionando-se o quantitativo médio total em kg ha^{-1} do nutriente, utilizado nos ciclos avaliados, com o equivalente energético de 54,8 MJ kg^{-1} (Paris *et al*., 2022).

Esterco: o dispêndio energético referente a esterco foi estabelecido de acordo com a dose média utilizada em cada ha nos ciclos avaliados e o coeficiente energético de 300 MJ Mg^{-1} (Keshavarz Afshar *et al*., 2013).

Inseticidas: o valor energético consumido para a entrada inseticidas foi de 199 MJ kg^{-1} (Keshavarz Afshar *et al*., 2013). O total para essa entrada foi estabelecido considerando-se a quantidade média utilizada e seu respectivo coeficiente energético.

Fungicidas: considerou-se a energia relacionada a cada kg de produto, 92 MJ kg^{-1} (Keshavarz Afshar *et al*., 2013), com a quantidade média de produto utilizado nos ciclos avaliados.

Trabalho humano: a energia referente a essa entrada foi advinda do trabalho realizado pelos agricultores familiares no processo produtivo. Foi contabilizada a carga horária média por ciclo, multiplicando-se pelo coeficiente energético de 1,96 MJ $hora^{-1}$ $homem^{-1}$ (Timsina *et al*., 2022).

Gasolina e óleo lubrificante (Roçadora): a quantidade de energia referente às entradas gasolina e óleo lubrificante foram estimadas com base no consumo médio da roçadora e seus equivalentes energéticos de 31,88 MJ L^{-1} (Aseffe *et al*., 2019) e 42,37 MJ L^{-1} (Turco *et al*., 2018), respectivamente.

Água para irrigação: nas propriedades avaliadas, a irrigação foi realizada pelo sistema de gotejamento. Neste sistema de irrigação, a água foi aplicada de forma pontual, através de gotas diretamente ao solo, por meio de uma tubulação de polietileno. A composição dessa entrada baseou-se nas observações de Turco *et al*. (2018), que reportam para sistemas de irrigação por gotejamento um consumo de energia elétrica de 0,4716 MJ para cada m^3 de água utilizada. Por sua vez, considerando a implantação e depreciação energética, Timsina *et al*. (2022) consideraram um valor de 0,1431 MJ para cada m^3 de água consumido. Adotou-se, neste trabalho, portanto, o equivalente energético de 0,615 MJ m^{-3} de água utilizada para irrigação.

Roçadora, grampeador, tesoura de poda e outras ferramentas: baseou-se na depreciação energética, que, a partir da massa das ferramentas e equipamentos, consiste em depreciá-los ao longo de sua vida útil. O coeficiente adotado para essas entradas foi de 48,96 MJ kg^{-1}. Para o pulverizador costal, adotou-se o coeficiente de 102,26 MJ kg^{-1} (Seflek *et al*., 2018).

Latada: a composição energética da latada (Tabela 1) foi estimada a partir dos coeficientes energéticos dos seus componentes construtivos estabelecidos por diversos autores e energia direta empregada na construção dela. Sua vida útil média (5.475 dias) foi calculada com base na vida útil dos seus componentes construtivos.

Tabela 1 - Componentes energéticos referentes à construção da latada para um hectare de cultivo de videira Niágara Rosada e Isabel Precoce no espaçamento de 3 m x 2m e seus respectivos coeficientes energéticos.

Entradas Energéticas	Unid.	Qtde.	Coef. (MJ)	Valor energético (MJ)
Estacas de eucalipto 2,60 x 0,15 (diâm.)[1]	kg	31.023,0	14,08	436.803,84
Arame galvanizado 2,1 mm[2]	kg	880,0	62,80	55.264,00
Esticador de 5/8"[2]	kg	36,0	62,80	2.260,80
Cordoalha 1/4"[2]	kg	164,0	62,80	10.299,20
Cobertura de polietileno (sombrite)[3]	kg	776,3	46,49	36.090,19
Abraçadeira "U" de 1/2"[2]	kg	60,0	62,80	3.768,00
Trabalho humano[4]	hora	200,0	1,960	392,00
Total construção da latada				**544.878,03**

Fonte: [1]Bersch et al. (2018); [2]Steinmann et al. (2019); [3]Palmay et al. (2021); [4]Timsina et al. (2022).

Foi considerada como energia útil aquela disponível na forma de uvas maduras. O coeficiente energético adotado foi de 11,8 MJ kg^{-1} de fruto maduro (Hamedani *et al*., 2011). Os estudos foram realizados com base nos indicadores energéticos estabelecidos na literatura relacionada (Turco *et al*., 2018; Moraes *et al*., 2018; Keshavarz Afshar *et al*., 2013; Souza *et al*., 2009), conforme equações a seguir (1-4):

$$\text{Eficiência energética total (EET)} = \frac{\text{Saídas energéticas (MJ)}}{\text{Entradas energéticas (MJ)}} \quad (1)$$

$$\text{Conversão energética (CE)} = \frac{\text{Produção de uvas (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Entradas energéticas (MJ)}} \quad (2)$$

$$\text{Energia específica (EES)} = \frac{\text{Entradas energéticas (MJ)}}{\text{Produção de uvas (kg)}} \quad (3)$$

$$\text{Energia líquida disponível (ELD)} = \text{Saídas energéticas (MJ)} - \text{Entradas energéticas (MJ)} \quad (4)$$

As entradas energéticas relacionadas à atividade da viticultura na região litorânea do estado do Espírito Santo/Brasil, para cada hectare de cultivo, foi de 18.767,24 MJ e 12.027,01 MJ, respectivamente (Tabela 2). A Tabela 2 também apresenta as unidades dimensionais, quantidades, coeficientes energéticos, valor energético total e respectivas participações percentuais em relação ao somatório de entradas energéticas.

Tabela 2 - Entradas energéticas para a atividade da viticultura (Cultivares Niágara Rosada e Isabel Precoce), na região litorânea do estado do Espírito Santo/Brasil, por hectare de cultivo.

Entradas Energéticas	Unid.	Qtde.	Vida útil (dias)	Coef. (MJ)	Valor energético total (MJ)	%
Energia Direta						
Trabalho humano	Hora homem^{-1}	1680,0	-	1,96	3.292,80	10,7%
Calcário Dolomítico	Mg	3,2	-	170,00	544,00	1,8%
N	kg	120,0	-	54,80	6.576,00	21,4%
P2O5	kg	58,0	-	10,30	597,40	1,9%
K2O	kg	86,0	-	7,00	602,00	2,0%
Esterco de aves	Mg	8,4	-	300,00	2.520,00	8,2%
Gasolina	litro	28,0	-	31,88	892,64	2,9%
Óleo lubrificante	litro	1,6	-	42,37	67,79	0,2%
Inseticidas	kg	5,6	-	199,00	1.114,40	3,6%
Fungicidas	kg	10,0	-	92,00	920,00	3,0%
Água de irrigação	m^3	2667,0	-	0,62	1.640,21	5,3%
Total Energia Direta					**18.767,24**	**60,9%**
Energia Indireta						
Pulverizador Costal	kg	4,4	1.825	102,26	29,59	0,096%
Grampeador	kg	0,8	1.825	48,96	2,58	0,008%
Tesoura de poda	kg	0,25	1.825	48,96	0,8	0,003%
Roçadora mec.	kg	12,0	3.650	48,96	19,32	0,063%
*Outras Ferramentas	kg	10,0	1.825	48,96	32,19	0,105%
Latada	unid	1,0	5.475	544.878	11.942,53	38,78%
Total Energia Indireta					**12.027,01**	**39,1%**
Total de Entradas Energéticas					**30.794,24**	**100%**

**Refere-se ao somatório das ferramentas manuais utilizadas no processo produtivo.*

Fonte: Dados de pesquisa.

Com relação à energia que entra no sistema, 60,9% (18.767,24 MJ) referem-se à energia direta. Na composição dessa entrada, apresentou maior relevância o fertilizante nitrogenado, com 21,4% (6.576,0 MJ), seguido pelas participações do trabalho humano, esterco de aves e água de irrigação, com 10,7% (3.292,80 MJ), 8,2% (2.520,00 MJ) e 5,3% (1640,21 MJ), respectivamente.

Ao avaliarem a entrada de energia em pomares de uva em Shahriar, os pesquisadores Irã, Karimi e Moghaddam (2018) apontaram para a entrada Nitrogênio 35% (11.241MJ) em relação ao total de entradas. Uzun e Baran (2022), avaliando os fluxos de energia na viticultura da Turquia, observaram que os fertilizantes compuseram 49,66% do total de entradas, sendo o componente mais expressivo. Rahmani *et al*. (2022) avaliaram fluxos energéticos em sistemas convencionais e semimecanizados na viticultura, e obtiveram, respectivamente, 47% (12.40125 MJ) e 44% (11.045,38 MJ) de participações para a entrada Nitrogênio. Observa-se que há uma dependência grande de fertilizantes químicos nos sistemas de conversão avaliados pelos autores. No presente estudo, parte da adubação nitrogenada é fornecida via adubação orgânica e adubos verdes. Além disso, a fertilização nitrogenada química

é recomendada e adotada em menores doses, resultando, portanto, em menores dependências desse insumo sintético.

De acordo com Khoshroo *et al*. (2018), a viticultura apresenta uma demanda energética de 2.465,68 MJ ha^{-1} para trabalho humano em cada ciclo produtivo. Esse valor é consideravelmente inferior ao observado no presente estudo. No sistema de produção avaliado pelos autores, há intensa mecanização das atividades, elevando os custos energéticos relacionados a combustíveis fósseis e, consequentemente, provocando maiores emissões de gases do efeito estufa. No presente estudo, por se tratar de agricultores familiares, a grande maioria dos tratos culturais é realizada de forma manual, sejam eles a poda, pulverizações, adubações, capina, desbrota, poda verde e colheita. Não há utilização de herbicidas. A única atividade mecanizada adotada é a roçada com roçadora costal mecanizada. Isso justifica um maior dispêndio energético para a entrada trabalho humano.

Os sistemas avaliados apresentaram baixa participação da entrada energética relacionada a combustíveis fósseis (gasolina e óleo lubrificante). Essas entradas corresponderam apenas com 3,1% (960,43 MJ) do total de energia que entra no sistema. Isso denota uma menor dependência de combustíveis fósseis. Dessa forma, há menores emissões de gases do efeito estufa nos sistemas avaliados no presente estudo. Essa é uma característica da agricultura familiar do estado do Espírito Santo.

Ao avaliarem os fluxos energéticos na viticultura em diferentes regiões do mundo, Akdemir (2022) e Kamari *et al*. (2021) contabilizaram 26,29% (3192,78 MJ) e 14,98% (4247,59 MJ) para a entrada combustíveis fósseis, respectivamente. Esses dados apontam que a viticultura na região estudada pelo presente trabalho possui desempenho até 4,8 vezes melhor, em termos de utilização energética para a entrada combustíveis fósseis.

Em regiões tropicais, normalmente, há uma tendência de maior utilização de defensivos químicos na viticultura (Santos *et al*., 2021). Contudo, sob a ótica da demanda energética do presente estudo, os defensivos químicos (fungicidas e inseticidas) apresentaram contribuição de 3,6% (1.114,4 MJ) e 3,0% (920,00 MJ), respectivamente, do total da energia de entrada, perfazendo, juntos, um total de 6,6% (2.034,4 MJ). Esse valor corrobora o identificado por Malwe *et al*. (2022), os quais, avaliando o balanço energético para a produção de uvas na região de Sangli, na Índia, apontaram 7,96% (3.127,98 MJ) de participação da entrada de defensivos agrícolas nos sistemas produtivos.

A energia indireta participou com 39,1% (12.027,1 MJ) do total de energia que entra no sistema. A estrutura de sustentação das plantas (latada) foi a maior entrada energética nos sistemas avaliados, com 38,72% (11.942,53 MJ) do total de entradas energéticas e 99,3% do total da energia indireta. O custo energético equivalente para a latada foi de 1,19 MJ m^{-2} construído. Vários trabalhos que analisaram os fluxos energéticos na viticultura não consideraram os aspectos construtivos da estrutura de sustentação das plantas (Akdemir, 2022; Kamari *et al*., 2021; Mohseni *et al*., 2019; Khoshroo *et al*., 2018; Baran *et al*., 2017). No presente estudo, em relação à participação da estrutura de sustentação das plantas (latada), observou-se que ela apresenta alto consumo de energia e, portanto, deve ser considerada.

A energia renovável, composta por trabalho humano, esterco e água de irrigação, assumiu 24,2% (7.453,01 MJ) do total de energia que entra no sistema. A energia não renovável, composta por fertilizantes químicos, combustíveis fósseis, defensivos, latada e equipamentos, totalizou 75,8% (23.341,24 MJ) das entradas. Isso denota, ainda, uma dependência da viticultura por fontes não renováveis de energia, muito evidenciada pela entrada energética "latada" no presente estudo. Na viticultura praticada em algumas regiões do mundo, também foram observados comportamentos semelhan-

tes para entradas de energias renováveis e não renováveis, com, respectivamente, 22,47% e 77,53%; 37% e 63%; e 8% e 92%, em Kamari *et al*. (2021), Khoshroo *et al*. (2018) e Tian *et al*. (2018).

A produtividade média das videiras para os sistemas avaliados foi de 15.419,75 kg ha^{-1} (Média safras 2020 e 2021). Portanto, as saídas energéticas contabilizadas relacionadas às uvas maduras colhidas totalizaram 181.953,05 MJ. A produtividade média dos pomares avaliados foi abaixo da média estadual, que é de 18.000 kg ha^{-1} (Espírito Santo, 2015). No entanto, há uma tendência de aumento da energia de saída em forma de uvas maduras, uma vez que as plantas, no período avaliado, ainda estavam jovens e não haviam atingido todo o seu potencial produtivo. Ao longo dos anos, há uma perspectiva de aumento da produtividade para entre 20 e 25 Mg ha^{-1}. Dessa forma, mantendo-se os níveis tecnológicos e as práticas sustentáveis adotadas, os indicadores energéticos podem ser consideravelmente melhorados.

A energia líquida disponível (ELD) foi de 151.158,81 MJ. A eficiência energética total (EET), considerando as saídas do sistema, foi de 5,91 (Tabela 3). Esse valor indica que a relação entre o somatório das energias totais de entrada e as energias de saída do sistema de conversão são superiores a 1 (um). Isso significa que, para cada 1 MJ de energia fornecido ao sistema, este tem capacidade de converter em 5,91 MJ.

Considerando-se os atributos de eficiência energética como indicadores de sustentabilidade, pode-se afirmar que, sob o ponto de vista energético, os sistemas avaliados são sustentáveis (Khoshroo *et al*., 2018; Turco *et al*., 2018). A eficiência energética do presente estudo assemelha-se às encontradas em outros agroecossistemas vitícolas apontados em Malwe *et al*. (2022) (5,92) e Mohseni *et al.* (2019) (5,75).

Tabela 3 - Indicadores energéticos, respectivos valores e unidades para a atividade da viticultura na região litorânea do estado do Espírito Santo/Brasil, por hectare de cultivo.

Indicador Energético	Valor	Unidade
Eficiência energética (EE)	5,91	-
Conversão energética (CE)	0,50	kg MJ^{-1}
Energia específica (EES)	2,00	MJ kg^{-1}
Energia líquida disponível (ELD)	151.158,81	MJ

Fonte: Dados de pesquisa.

A Conversão Energética (CE) foi de 0,5 kg MJ^{-1}, o que significa que, para cada MJ de energia investido nos sistemas de conversão, resultou em 0,5 kg de uvas maduras. Em contrapartida, a Energia Específica (EES) foi de 2 MJ kg^{-1}. Isso representa que, para que haja conversão de 1 (um) kg de uvas maduras, é necessário o investimento energético de 2 MJ nos sistemas avaliados. Resultados semelhantes foram verificados por Kamari *et al*. (2021) e Karimi e Moghaddam (2018), em pomares de videiras na Turquia e Irã, respectivamente.

Apesar de os sistemas de produção de uvas na região de estudo apresentarem balanço energético positivo, a utilização de fontes energéticas não renováveis é muito elevada (75,8%), principalmente devido aos materiais construtivos da latada e aos fertilizantes químicos utilizados. A respeito da estrutura de sustentação das plantas, o viticultor, ao aderir à utilização de insumos locais e outros materiais construtivos alternativos, poderá reduzir consideravelmente o aporte energético para essa entrada. Consequentemente, reduzirá a utilização de energia não renovável nos sistemas produtivos.

Para melhorar os incrementos de sustentabilidade, é preciso adotar novas práticas de cultivo que contribuam para o equilíbrio ambiental e intensificar práticas já existentes, como: redução da utilização de defensivos químicos; redução da adubação química; compostagem; reaproveitamento dos resíduos; contenção de processos erosivos; adubação verde; melhoria da qualidade da água; conservação da biodiversidade ambiental; manejo de irrigação e outras práticas que possibilitem repercutir em melhores desempenhos ambientais para a atividade. A aplicação do conceito de sustentabilidade na viticultura familiar implica a criação e o aperfeiçoamento de modelos de produção cada vez mais equilibrados (Litskas *et al*., 2020a; Litskas *et al*., 2020b; Silva; Torres, 2020).

O estado do Espírito Santo é caracterizado por grandes diferenças edafoclimáticas e sociais, uma agricultura familiar forte, diversificada e em constante crescimento. A viticultura é uma atividade que tem crescido em número de produtores e área plantada em praticamente todas as regiões do estado, principalmente nas regiões de clima mais quente, nos municípios de Guarapari, Linhares, São Mateus, Colatina e Presidente Kennedy. Essa conjuntura requer estudos de sustentabilidade, sobretudo estudos energéticos cada vez mais específicos, a fim de verificar os impactos da adoção da tecnologia/atividade, para que, a partir de então, possa ser recomendada/adotada pelos agricultores familiares.

Nesse contexto, Campos e Campos (2004) abordam que é preciso estabelecer um paradigma definitivo para o desenvolvimento de balanços de energia, à medida que se nota a carência acentuada de trabalhos na área que venham a contribuir com o levantamento de dados e coeficientes energéticos mais específicos, visando à composição de matrizes energéticas para condições locais. Sendo uma ciência em desenvolvimento, caracterizada inclusive por possibilitar escolha de classificações e métodos de forma subjetiva, é necessário que haja maior exploração dos balanços de energia por parte dos pesquisadores preocupados com a questão da sustentabilidade dos agroecossistemas. É necessário visar, em primeira instância, o levantamento e a publicação de coeficientes energéticos relacionados aos produtos, equipamentos, insumos e instalações com características locais.

Conclusões

De toda a energia que entra nos sistemas de conversão energética (pomares de videiras), 60,9% (18.767,24 MJ) referem-se à energia direta. Na composição dessa entrada, houve maior relevância do fertilizante nitrogenado, com 21,4% (6.576,0 MJ). A energia indireta participou com 39,1% (12.027,1 MJ) do total de energia. A latada foi a maior entrada energética, com 38,72% do total de entradas energéticas e 99,3% do total da energia indireta.

O custo energético equivalente para latada foi de 1,19 MJ m^{-2} construído. A energia renovável (trabalho humano, esterco e água de irrigação) representou 24,2% do total de energia de entrada. A energia não renovável (fertilizantes químicos, combustíveis fósseis, defensivos agrícolas, latada e equipamentos) totalizou 75,8% (23.341,24 MJ). A saída energética total na forma de uvas maduras foi de 181.953,05 MJ, ao passo que a eficiência energética (EE), conversão energética (CE), energia específica (EES) e energia líquida disponível (ELD) foram de 5,91; 0,50 kg MJ^{-1}; 2,00 MJ kg^{-1} e 151.158,81 MJ, respectivamente.

Sob o ponto de vista energético, a inserção do programa de produção de uvas na região litorânea do Espírito Santo mostrou-se sustentável, em que, para cada MJ investido, este é convertido em 5,91 MJ em produto (uva).

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG-ES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio ao projeto de pesquisa e extensão "Avaliação dos impactos tecnológicos, ambientais e socioeconômicos da viticultura em região de clima quente no estado do Espírito Santo" (Portaria nº 002-R). Aos viticultores da região litorânea do estado do Espírito Santo Brasil, pela disponibilização das informações.

Referências

AKDEMIR, S. Determination of Energy Balance in Grape Production for Wine in Thrace Region. Erwerbs -Obstbau, v. 64, n. 1, p. 103–111, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-022-00730-6

ASEFFE, M. *et al*. Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (Zea mays) en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Tecnología Química, v. 39, n. 3, p. 655–672, 2019.

BARAN, M. F.; LÜLE, F.; GÖKDOĞAN, O. Energy Input-Output Analysis of Organic Grape Production: A Case Study from Adiyaman Province. Erwerbs-Obstbau, v. 59, n. 4, p. 275–279, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-017-0322-1

BERSCH, A. P. *et al*. Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de Eucalyptus sp. Floresta, v. 48, n. 1, p. 87-92, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i1.51673.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. de. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. Ciência Rural, v. 34, n. 6, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600050

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade. Agroecología e Desenvolvimento Rural Sustentavél, v. 3, n. 3, p. 70-85, 2002.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura: novo PEDEAG 3 (2015-2030). Vitória: SEAG, 2015.

HAMEDANI, S. R.; KEYHANI, A.; ALIMARDANI, R. Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran. Energy, v. 36, n. 11, p. 6345–6351, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.041

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/es. Acesso em: 21 fev. 2024.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural - PROATER 2020-2023: Guarapari. Vitória: Incaper, 2020. Disponível em: https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Guarapari.pdf Acesso em: 21 fev. 2024.

KAMARI, F.; GHAMARY, B.; AZIZPANAH, A. Determination and Evaluation of energy consumption for grape production in Eyvan County (Ilam province). Agricultural Engineering International: CIGR Journal, v. 23, n. 3, p. 173-181, 2021.

KARIMI, M.; MOGHADDAM, H. On-farm energy flow in grape orchards. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, v. 17, n. 2, p. 191–194, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.04.002

KESHAVARZ AFSHAR, R. *et al*. Energy inputs-yield relationship and sensitivity analysis of pistachio (Pistacia vera L.) production in Markazi Region of Iran. Spanish Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 3, p. 661–669, 2013. DOI: https://doi.org/10.5424/sjar/2013113-3877

KHOSHROO, A. *et al*. Sensitivity analysis of energy inputs in crop production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production, v. 197, n. 1, p. 992–998, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.249

LITSKAS, V. D.; TZORTZAKIS, N.; STAVRINIDES, M. C. Determining the Carbon Footprint and Emission Hotspots for the Wine Produced in Cyprus. Atmosphere, v. 11, n. 5, p. 463, 2020a. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos11050463

LITSKAS, V. *et al*. Sustainable Viticulture: First Determination of the Environmental Footprint of Grapes. Sustainability, v. 12, n. 21, p. 8812, 2020b. DOI: https://doi.org/10.3390/su12218812

MALWE, P. D. *et al*. Energy nexus for grapes production: A case study of Sangli region in India. Energy Nexus, v. 8, n. 1, p. 100145, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100145

MOHSENI, P.; BORGHAEE, A. M; KHANALI, M. Energy consumption analysis and environmental impact assessment of grape production in hazavah region of Arak City. Journal of Agricultural Machinery, v.9, n. 1, p. 177-193, 2019. DOI: https://doi.org/10.22067/jam.v9i1.67645

MORAES, A. J. G. *et al*. Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia no estado do Pará. Brazilian Journal of Development, v. 4, n. 7, p. 3696-3715, 2018. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv4n7-386

PALMAY, P.; MEDINA, C.; VARGAS, K. Pirolisis de plásticos de invernadero para recuperar ceras líquidas útiles para refinación. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, v. 5, n. 3, p. 2463–2476, 2021. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.464

PARIS, B. *et al*. Energy use in open-field agriculture in the EU: A critical review recommending energy efficiency measures and renewable energy sources adoption. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 158, n. 1, p. 112098, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112098

RAHMANI, A.; GHOLAMI PARASHKOOHI, M.; MOHAMMAD ZAMANI, D. Sustainability of environmental impacts and life cycle energy and economic analysis for different methods of grape and olive production. Energy Reports, v. 8, n. 1, p. 2778–2792, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.197

SANTOS, A. O. *et al*. Development and test of a confining and recycling sprayer for viticulture. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 43, n. 6, p. e-031, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-29452021031

SEFLEK, A. Y. *et al*. Energy Balance for Camelina under Turkish Conditions. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University, v. 35, n. 2, p. 134–140, 2018. DOI: https://doi.org/10.13002/jafag4385

SILVA, P. R. S. *et al*. Análise energética e econômica da implantação da cultura da pitaya em manejo orgânico no município de Tomé-Açu/PA. Energia na Agricultura, v. 35, n. 4, p. 616–626, 2020. DOI: https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n4p616-626

SILVA, R. A.; TORRES, M. B. R. Sustainability and environmental education in family agriculture: The case of a cooperative in the Potiguar semi-arid. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 55, n. 1, p. 300-313, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/dma.v55i0.73169

SOUZA, C. V. *et al*. Análise energética em sistema de produção de suínos com aproveitamento dos dejetos como biofertilizante em pastagem. Engenharia Agrícola, v. 29, n. 4, p. 547-557, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000400005

STEINMANN, Z. J. N.; HUIJBREGTS, M. A. J.; REIJNDERS, L. How to define the quality of materials in a circular economy? Resources, Conservation and Recycling, v. 141, n. 1, p. 362–363, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.040

TEIXEIRA, S. A.; DIAS, C. T. S; KOCHINSKI, E. G. Pesticidas na soja: a óptica de equivalentes em energia em uma análise multivariada. Energia na Agricultura, v. 35, n. 2, p. 246–256, 2020. DOI: https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n2p246-256

TIAN, D. *et al*. GIS-Based Energy Consumption and Spatial Variation of Protected Grape Cultivation in China. Sustainability, v. 10, n. 9, p. 3248, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/su10093248

TIMSINA, J. *et al*. Assessment of nutrient management in major cereals: Yield prediction, energy-use efficiency and greenhouse gas emission. Current Research in Environmental Sustainability, v. 4, n. 1, p. 100147, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100147

TURCO, P. H. N. *et al*. Balanço energético dos sistemas de produção de café convencional e irrigado. Energia na Agricultura, v. 33, n. 1, p. 73-80, 2018. DOI: https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n1p73-80

UZUN, T.; BARAN, M. F. Energy Input–Output Analysis of Grape (Vitis vinifera L.) Production in Turkey. Erwerbs-Obstbau, v. 64, n. 1, p. 95-102, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-022-00670-1

ZAMBON, I. *et al*. Rethinking Sustainability within the Viticulture Realities Integrating Economy, Landscape and Energy. Sustainability, v. 10, n. 2, p. 320, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/su10020320