

## BALANÇO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE POLPAS DE MANGA: DO CULTIVO AO ARMAZENAMENTO

### ENERGY BALANCE IN THE PRODUCTION OF MANGO PULPS: FROM CULTIVATION TO STORAGE

Adailza Oliveira Carneiro<sup>a</sup>, Eduardo Cohim<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

[adailza.oc@hotmail.com](mailto:adailza.oc@hotmail.com), [edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com)

Submissão: 30 de outubro de 2021      Aceitação: 13 de junho de 2022

#### Resumo

O consumo de energia associado à distribuição, processamento e armazenamento de alimentos tem gerado cada vez mais discussões no cenário mundial, por impactar nas emissões de gases de efeito estufa na atmosfera. Por outro lado, segundo análise do Plano Nacional de Energia – PNE 2030, o setor de Alimentos e Bebidas é tido como um dos grandes potenciais na busca por eficiência energética. Nesse estudo, estimou-se o consumo energético associado à produção de polpa de manga, considerando desde as etapas agrícolas de plantio e cultivo, até o congelamento e armazenamento da polpa envasada, identificando os processos com maior quantidade de energia agregada. Em seguida estimou-se a eficiência energética da produção da polpa, relacionando a quantidade de energia demandada com a quantidade de energia ofertada pelo produto final. Observou-se que, enquanto  $2,3 \times 10^6$  KJ de energia entraram no processo, apenas  $2 \times 10^6$  KJ saíram como oferta de energia do produto final, o que representa uma eficiência de aproximadamente 87%. A utilização de coprodutos do processamento da manga como componentes da alimentação humana ou de animais, mostra-se como alternativa promissora na busca pela melhor eficiência energética do processo. Portanto, espera-se que esses resultados possam direcionar pesquisas e investimentos para técnicas que, possibilitem o aumento da eficiência energética e contribuam a redução de perdas e Emissões de gases de Efeito Estufa para a atmosfera.

**Palavras-chave:** Energia, eficiência energética, produção de alimentos.

#### Abstract

The consumption of energy associated with the distribution, processing and storage of food has generated more and more discussions on the world stage, as it has an impact on greenhouse gas emissions in the atmosphere. On the other hand, according to an analysis of the National Energy Plan - PNE 2030, the Food and Beverages sector is considered as one of the great potentials in the search for energy efficiency. In this study, the energy consumption associated with the production of mango pulp was estimated, considering from the agricultural stages of planting and cultivation, to the freezing and storage of the packaged pulp, identifying the processes with the greatest amount of aggregated energy. Then, the energy efficiency of the pulp production was estimated, relating the amount of energy demanded to the amount of energy offered by the final product. It was observed that, while approximately  $2.3 \times 10^6$  KJ of energy entered the process, only  $2 \times 10^6$  KJ came out as the final product's energy supply, which represents an efficiency of approximately 87%. The use of by-products from the processing of mango as components of human or animal food, shows itself as a promising alternative in the search for the energy efficiency of the process. It is hoped that these results may direct research and investments towards techniques that enable the increase of energy efficiency and contribute to the reduction of losses and Emissions of greenhouse gases into the atmosphere.

**Keywords:** Energy, energy efficiency, food production.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de alimentos e bebidas está diretamente relacionado ao meio ambiente, por ser totalmente dependente de recursos naturais e por demandar de quantidades significativas de energia durante todo processo produtivo, o que também impacta nas emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. O setor industrial alimentício tem a segunda maior demanda por eletricidade, conforme dados aferidos pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), e a primeira no total de energia, consumindo 10<sup>6</sup> toneladas equivalentes de petróleo no ano de 2019 (EPE, 2020).

Além disso, de acordo com o Relatório Energy, Agriculture and Climate Change, da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), os alimentos gerados pela cadeia agrícola consomem em torno de 30% da demanda mundial por energia, e é sabido que, em um panorama de crescimento populacional, a demanda por alimentos e energia também se mantém crescente. Segundo a ONU, até 2050 a população mundial será de 9,7 bilhões de pessoas. Nesse cenário é necessário que se produza 60% mais alimentos para sustentar a humanidade, o que implica em um aumento significativo da demanda energética pelo setor alimentício, visto que, atualmente, os sistemas de cultivo, transporte e distribuição de produtos agrícolas dependem fortemente de combustíveis fósseis para operar (Braskem, 2018).

Por outro lado, segundo análise do Plano Nacional de Energia – PNE 2030, o setor de Alimentos e Bebidas é tido como um dos grandes potenciais na busca por eficiência energética, principalmente na obtenção de ar comprimido para envase de produtos, na elevação de temperatura para pasteurização, no próprio aquecimento e cozimento do alimento, além dos motores elétricos, que movimentam esteiras e máquinas e representam os custos mais elevados dentro do quadro de energia deste segmento (MME, 2007). No que diz respeito às etapas agrícolas de produção de alimentos, a agricultura também pode ter papel fundamental nas estratégias de combate ao aquecimento global, fornecendo fontes de energia renováveis e soluções para diminuir o consumo de combustíveis fósseis.

Diante desse cenário, percebe-se a importância de estudos relacionados à determinação da demanda energética, associada

à produção de diferentes tipos de alimentos, de modo que sejam identificados pontos de controle de perda e eficiência, em cada etapa do processamento (Souza et al., 2008). O balanço energético é um dos indicadores mais adequados na avaliação da viabilidade técnica de um sistema produtivo e indica condições de manejo e produção mais adequadas, além de permitir a identificação de pontos passíveis de melhoria. Esse balanço deve ser determinado por medidas diretas dos parâmetros do sistema e é feito a partir do levantamento de todos os insumos utilizados, que são convertidos em energia, para que se estabeleça uma relação de eficiência no processo produtivo (Campos et al., 2009).

Estudos de balanço energético podem ser considerados como elemento chave na tomada de decisão, no que diz respeito à redução de custos relacionados ao uso intensivo de energia, direcionando a redução no consumo e o aumento da eficiência no uso de insumos. Nota-se, portanto, um interesse crescente em estudos que determinem os impactos ambientais provocados por diferentes setores da produção de alimentos, seja utilizando a análise do ciclo de vida, pegada de carbono ou eficiência energética dos produtos. Dessa forma, ainda que o foco não seja o estudo da demanda e eficiência energética, as informações podem ser transformadas em componentes energéticos para diagnosticar a eficácia na produção e conversão de energia nos sistemas produtivos. Esses resultados podem contribuir para práticas de manejo mais eficientes e para o aumento da eficiência energética geral (Campos et al., 2009).

Dentre os diversos setores de produção de alimentos no Brasil, destaca-se a fruticultura, que também tem apresentado crescimento contínuo no cenário Mundial e, assim como todos os outros produtos alimentícios comercializados globalmente, estão sob crescente investigação em relação aos impactos ambientais. Segundo Basset-Mens *et al.* (2016), além dos efeitos provocados pelo transporte das frutas, o estágio da fazenda é de suma importância na contabilização dos impactos totais provocados pela sua produção, por fazerem uso de quantidades significativas de energia, água, fertilizantes e pesticidas.

O Brasil ocupa a terceira colocação no ranking da produção mundial de frutas e é responsável por 4,6% do volume colhido, com uma produção de 39,9 milhões de toneladas em 2017 (FAO, 2019). A manga tem participação

importante nesta quantidade e está entre as dez frutas mais produzidas no país, com produção de 1,4 milhões de toneladas em 2019 (IBGE, 2020). A Bahia é o segundo Estado brasileiro que mais produz manga, 442 mil toneladas em 2019, ficando atrás apenas de Pernambuco, que no mesmo ano produziu 518 mil toneladas da fruta (IBGE, 2020).

A manga é a fruta mais exportada do Brasil, sendo que 90% dessas exportações são concentradas no Vale do Rio São Francisco, onde modernos e intensivos sistemas de produção foram desenvolvidos. Esses sistemas apresentam produção durante todo o ano graças à indução floral bem controlada e abundante acesso à água do Rio São Francisco (Basset-Mens et al., 2016). Em 2019, de acordo com o Anuário Brasileiro de Horti & Frutti (2020), foram exportadas 221,913 mil toneladas da fruta, o que representa uma alta de 30% em relação ao ano anterior. O restante da produção foi comercializado no país, seguindo os mais diversos caminhos (Carvalho et al., 2019).

Embora no mercado nacional, a manga seja comercializada quase que exclusivamente na forma in natura, a fruta também pode ser encontrada na forma processada. De modo geral, o processamento de frutas é uma prática que permite a conservação do alimento por um maior período de tempo, e proporciona a comercialização do mesmo durante todo o ano. Essa prática também permite que as frutas sirvam como matéria prima na elaboração de diversos produtos alimentícios (Silva et al., 2017). Dentre esses produtos, obtidos a partir da manga, os dois mais encontrados são o suco integral e a polpa congelada. Essa última é objeto de estudo desse trabalho e pode ser empregada na elaboração de doces, geleias, sucos e néctares, além de poder ser adicionada a sorvetes, misturas de sucos, licores e outros produtos.

Segundo o Decreto Nº 10.026, de 25 de setembro de 2019, polpa de fruta é o produto não-fermentado, não-concentrado e não-diluído, com teor mínimo de sólidos totais, provenientes da parte comestível da fruta, obtido de frutas polposas, por processo tecnológico adequado. A polpa pode ser simples, quando originada de uma única espécie de fruta, ou mista, se originada de duas ou mais espécies (Brasil, 2019). O congelamento da polpa é um método de conservação que preserva as características da fruta e permite o consumo nos períodos de entressafra, além de possibilitar ao produtor uma alternativa para a utilização de frutas que não

atendam ao padrão de comercialização do produto in natura (Sa-Eletróbrás, 2015).

A produção de polpa congelada, antes concentrada somente na Região Nordeste, já se expandiu por todo o território nacional e é um segmento que engloba grandes indústrias e micro ou pequenas empresas processadoras (Matta et al., 2005). O objetivo desse trabalho foi estimar o balanço energético associado à produção de polpa de manga, considerando desde as etapas agrícolas de plantio e cultivo, até o congelamento e armazenamento da polpa envasada.

## 2. METODOLOGIA

Para estimar a demanda energética na produção de uma tonelada de polpa de manga, estabeleceu-se uma indústria fictícia, localizada no Município de Juazeiro-BA, por esse ser o maior produtor de manga do Estado. Foram consideradas as etapas agrícolas (produção de mudas, plantio, adubação colheita e transporte) e industriais (receção, seleção, lavagem, corte, despulpamento, acondicionamento, congelamento e armazenamento), conforme pode ser observado no fluxograma da Figura 1.

### 2.1 Determinação da demanda energética na etapa agrícola

Como foi estabelecida uma vazão mássica de 1 tonelada de polpa processada como unidade funcional, as entradas e saídas associadas a cada etapa foram calculadas a partir desse valor final. Além disso, considerando que os coprodutos (casca, bagaço e caroço) correspondem a, em média, 47,5% da massa total da fruta (Silva, 2015), calculou-se a massa de matéria prima necessária para que se tenha 1 t de polpa processada.

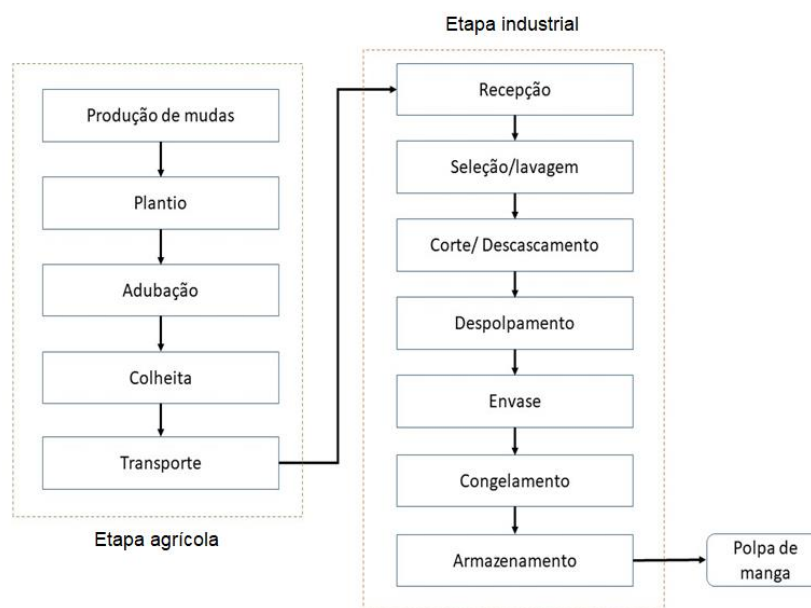
Nas etapas agrícolas estimou-se as entradas e saídas, bem como a área de terra utilizada, adotando-se os índices determinados por Carneiro et al. (2018), que avaliaram os impactos potenciais de 1 kg de manga, produzida em sistema convencional baseado no monocultivo, praticado no Vale do São Francisco, principal região brasileira produtora e exportadora de manga. Seguindo a metodologia de Análise do Ciclo de Vida, os autores utilizaram dados primários fornecidos pelos produtores de manga e de mudas entre os anos de 2010 e 2016, e consideraram os processos de mudança no uso

da terra, produção de mudas, produção e transporte de fertilizantes, pesticidas e outros insumos, cultivo, operações agrícolas e beneficiamento pós-colheita.

A etapa de cultivo da manga considerou os estágios de implantação do pomar, crescimento da planta e produção, com uma vida útil do pomar de 30 anos. Para as etapas de operações

agrícolas, produção e transporte de insumos foram utilizados dados secundários da base de dados *Ecoinvent*. Os resultados obtidos pelos autores, considerando todas as etapas agrícolas, estão resumidos na Tabela 1 e, a partir dos valores obtidos para 1 kg de manga, calculou-se as demandas associadas à produção de 1 tonelada, nas mesmas condições.

**Figura 1:** Fluxograma do processo de obtenção de polpa de manga



Fonte: Os Autores (2021).

**Tabela 1:** Entradas e saídas associadas à produção de 1kg de manga

Produção de 1 muda de manga			
Entradas		Saídas	
Descrição	Quantidade	Descrição	Quantidade (kg)
Área (ha)	$1,9 \times 10^{-6}$	Amônia	$2,0 \times 10^{-4}$
Sementes (und)	$1,2 \times 10^0$	Óxido Nitroso	$2,2 \times 10^{-5}$
Água (metro cúbico)	$3,4 \times 10^{-2}$	Óxidos de Nitrogênio	$4,4 \times 10^{-5}$
Nitrogênio (kg)	$1,1 \times 10^{-3}$	Dióxido de Carbono	$1,7 \times 10^{-2}$
Fósforo (kg)	$2,1 \times 10^{-5}$	Nitrato	$6,2 \times 10^{-4}$
Potássio (kg)	$2,7 \times 10^{-6}$	Fósforo	$2,4 \times 10^{-9}$
Do Plantio à colheita (1kg manga)			
Entradas		Saídas	
Descrição	Quantidade	Descrição	Quantidade (kg)
Área (ha)	$2,9 \times 10^{-5}$	Amônia	$2,8 \times 10^{-4}$
Mudas	$3,6 \times 10^{-4}$	Óxido Nitroso	$6,9 \times 10^{-5}$
Água (metro cúbico)	$3,7 \times 10^{-4}$	Óxido de Nitrogênio	$1,1 \times 10^{-4}$
Nitrogênio (kg)	$2,8 \times 10^{-3}$	Óxidos de Carbono	$2,0 \times 10^{-3}$
Fósforo (kg)	$2,0 \times 10^{-3}$	Nitrato	$5,2 \times 10^{-3}$
Potássio (kg)	$5,9 \times 10^{-3}$	Fósforo	$1,3 \times 10^{-6}$
Calcário (kg)	$2,2 \times 10^{-4}$		
Gesso (kg)	$1,7 \times 10^{-2}$		

Fonte: Carneiro et al., 2018 (Adaptado)

As energias empregadas em um sistema produtivo podem ser classificadas como direta ou indireta. A energia direta inclui o combustível fóssil utilizado e outras formas de energia derivadas do petróleo, tais como as contidas nos lubrificantes e adubos. A energia indireta é aquela empregada através do uso de máquinas e implementos necessários à produção. Um estudo completo da energia demandada em um processo produtivo também deve levar em consideração as energias de origem biológica, como o trabalho humano e aquela contida nas sementes. Nesse

processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidade de energia, segundo o poder calorífico de cada um (Duarte et al., 2018).

Para esse trabalho considerou-se, na etapa agrícola, a energia envolvida na utilização de adubos e minerais corretivos, na irrigação e em serviços mecânicos. Para estimar a quantidade de energia associada a essas etapas adotou-se os valores calóricos encontrados na literatura, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Valores Calóricos associados à etapa agrícola

<b>Adbos Minerais e Corretivos</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Valores Calóricos</b>	<b>Fonte</b>
Nitrogênio	6,2x10 <sup>4</sup> kJ/kg	Felipe Júnior <i>et al.</i> , 1984
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,3x10 <sup>4</sup> kJ/kg	Lockeretz, 1980
Potássio (K <sub>2</sub> O)	6,7x10 <sup>3</sup> kJ/kg	Lockeretz, 1980
Calcário	40 kJ/kg	Base de dados de Ecoinvent
<b>Irrigação</b>		
Sistema de irrigação	0,131 Kwh/m <sup>3</sup> de água 3,6 x10 <sup>3</sup> kJ/kWh	Lima <i>et al.</i> , 2005
<b>Serviços Mecânicos</b>		
Aração	5,7 x10 <sup>5</sup> kJ/ha	Ferraro Júnior, 1999
Gradagem	2,0 x10 <sup>5</sup> kJ/ha	Ferraro Júnior, 1999
Destorroamento	4,2 x10 <sup>4</sup> kJ/ha	Ferraro Júnior, 1999

## 2.2 Determinação da demanda energética na etapa industrial

A produção da polpa de manga é feita na etapa industrial, que se subdivide em: recepção, seleção e higienização, corte e descascamento, despulpamento, envase, congelamento e armazenamento. Dentre essas, apenas as etapas de despulpamento, envase congelamento e armazenamento são relevantes na determinação da demanda energética.

O processo de despulpamento consiste em fazer com que a fruta passe despulpadeira, obtendo-se o produto final. Em alguns casos faz-se necessária a repetição do processo, utilizando-se uma peneira mais fina, a fim refinar a polpa e conferir melhores características ao produto (Matta et al., 2005). Nesse trabalho, considerou-se uma depulpadeira industrial, indicada para frutas com caroço, com capacidade de processamento de 500 kg/h e 368 W de potência, para determinação da demanda energética associada a essa etapa.

A polpa extraída segue então para o

condicionamento, realizado em sacos de tamanho variado com auxílio de dosadoras automáticas ou por meios manuais. Aqui considerou-se o envase mecânico, utilizando a dosadora/seladora do tipo LZ1000, com 500 W de potência, e capacidade para envasar 25 unidades de polpa por minuto. A partir das especificações desse equipamento, estimou-se a energia utilizada na etapa de condicionamento das polpas.

A etapa seguinte é o congelamento e deve ser realizada, imediatamente, após o envase da polpa, utilizando câmaras apropriadas para congelamento, com circulação de ar frio, ou *freezers* domésticos. A polpa deve ser mantida congelada até o momento do consumo, sendo recomendada as temperaturas de -18°C a -22°C em câmaras frigoríficas e -8°C a -10°C em *freezers* domésticos. (Matta et al., 2005). Na estimativa da quantidade de energia utilizada no congelamento e armazenamento das polpas, considerou-se uma câmara fria construída com painéis de isolamento, cuja potência é de 1520 W e consumo médio de 3,30 kW/h. Considerou-se



ainda o período de 3 dias para escoamento da produção. Vale ressaltar que os valores estimados nessa etapa apresentam um alto índice de incerteza associado, já que na prática, as câmaras frigoríficas são dimensionadas segundo a necessidade industrial específica, e o consumo de energia desses equipamentos está relacionado à capacidade térmica do mesmo, variando com o calor específico do alimento armazenado.

### 2.3 Determinação da eficiência energética na produção de polpa de manga

Somando a quantidade de energia demandada em cada uma das etapas acima descritas, estimou-se a energia total agregada à polpa de manga congelada e relacionou-se esse valor à quantidade de energia fornecida pelo produto, que segundo a TACO é de 202 KJ por 100g de polpa. Essa relação permite a estimativa

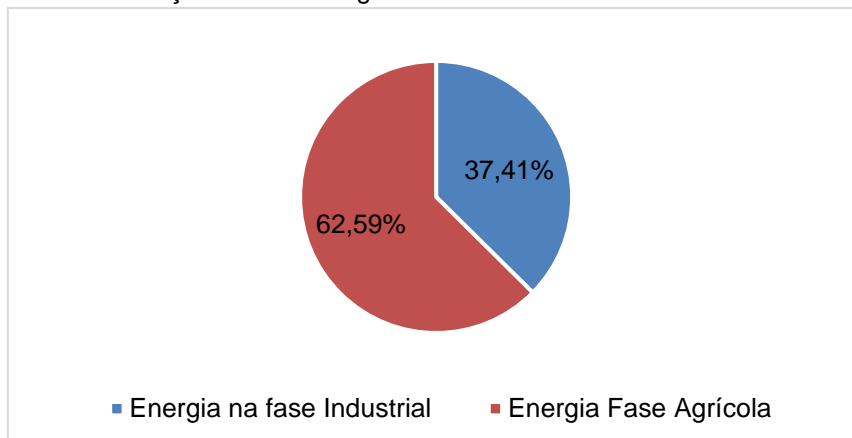
da eficiência energética do processamento da polpa e a identificação de possíveis pontos de melhorias nessa eficiência.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Demanda energética na etapa agrícola

Os resultados obtidos, considerando o sistema descrito anteriormente, sugerem que para produzir uma tonelada de polpa de manga são utilizados  $2,33 \times 10^6$  kJ de energia, dos quais aproximadamente 62,6% estão associados à etapa agrícola, que refere-se ao cultivo e colheita da manga (Figura 2). Estimou-se ainda que, para produzir 1,9 toneladas de manga, necessárias para que se obtenha 1 tonelada de polpa, são necessários aproximadamente  $1,5 \times 10^6$  kJ de energia, distribuídos entre as etapas de preparo de mudas, plantio, cultivo e colheita, num período de 4 anos, quando inicia-se a colheita das frutas.

**Figura 2:** Contribuição das fases agrícola e industrial na demanda total de energia



Fonte: Os Autores (2021)

Dentre as etapas envolvidas na fase agrícola, a maior demanda energética está associada à utilização de adubos minerais e corretivos, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 3. Esse cenário chama a atenção para a importância do cultivo orgânico de frutas e hortaliças, que mostra-se como uma alternativa na obtenção da eficiência energética.

Os fertilizantes, especialmente os nitrogenados, exigem energia de combustível fóssil para sua fabricação, e alguns também para o transporte e a aplicação. Estima-se que a agricultura mundial utiliza, aproximadamente, 5% do consumo de energia global. Isso inclui a produção de fertilizantes nitrogenados que respondem por menos de 2% do consumo anual

de energia do mundo. Esta estimativa de 5% exclui o transporte e o processamento de produtos agrícolas que são mais consumidores de energia; para cada 1 kg de pão, por exemplo, 20% da energia são consumidos para a produção do trigo, enquanto para moer, assar e distribuir consomem-se os restantes 80%. (IFA, 2000).

Souza e colaboradores (2008) caracterizaram os balanços energéticos dos cultivos orgânicos de hortaliças e analisaram sua sustentabilidade, em comparação aos sistemas convencionais e concluíram que a demanda energética foi menor no cultivo orgânico de abóbora, alho, batata, couve-flor, repolho e tomate, quando comparado ao cultivo convencional dessas hortaliças. Aplicando o teste

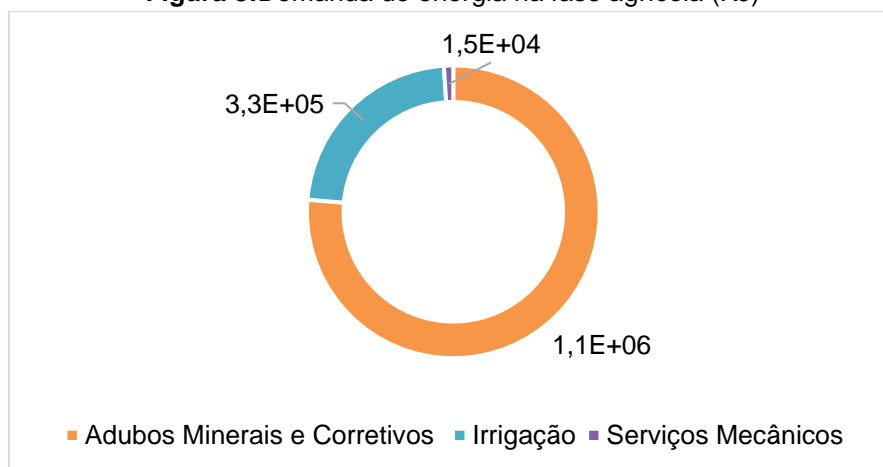
t, entretanto, os autores concluíram que não houve diferença significativa entre os dois sistemas.

Visando o aumento do seu rendimento físico, a agricultura tem alocado quantidades cada vez maiores de energia nos sistemas produtivos. No modelo de produção mais usual, a quantidade de energia investida na produção de alimentos, muitas vezes tem sido maior do que o retorno conseguido em valor energético dos produtos, proporcionando baixa eficiência e balanço negativo (Pimentel et al., 1990; Gliessman, 2000). Sistemas orgânicos de produção, que priorizam o uso de insumos de menores custos energéticos,

tendem ao gasto energético menor e eficiência maior que sistemas convencionais.

Além disso, a pequena cobertura do solo, associada à grande dependência de insumos externos dos sistemas de monocultura convencionais, também contribui com a redução na eficiência energética. Nesse sentido, o emprego de rotações de cultura e manejo de espécies próprias para adubação verde, cobertura do solo e fixação de carbono e nitrogênio pode ser uma alternativa para o aumento da eficiência dos sistemas produtivos (Souza et al., 2008).

**Figura 3:** Demanda de energia na fase agrícola (KJ)



Fonte: Os Autores (2021)

### 3.2 Demanda energética na etapa industrial

Os índices de uso de energia estimados para as etapas de despulpamento, envase, congelamento e armazenamento de polpa de manga estão apresentados na Tabela 3, e foram calculados a partir das especificações dos equipamentos, descritas anteriormente.

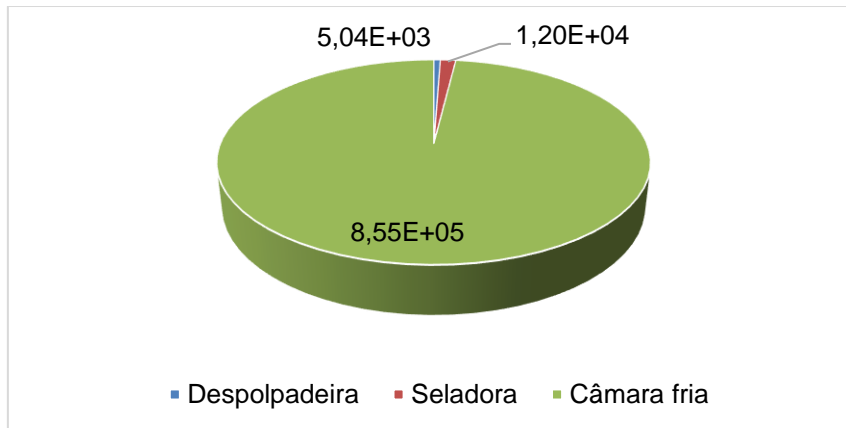
Considerando as especificações de

equipamentos adotadas neste trabalho, estima-se que na etapa industrial, quando a polpa é processada e armazenada, são utilizados aproximadamente  $8,7 \times 10^5$  kJ de energia, distribuídos entre a despulpadeira, a dosadora (onde ocorre o envase da polpa) e a câmara fria. Essa última, apresentou a maior contribuição (98%) na utilização de energia na etapa industrial, conforme pode ser observado na Figura 4.

**Tabela 3:** Uso de energia por etapa do processamento de manga

Etapa	Uso de energia
Despulpamento	5,04 KJ/kg
Envase	12 KJ/kg
Congelamento e Armazenamento	855,4 KJ/kg

Fonte: Calculado pelos autores

**Figura 4: Demanda de energia na fase industrial (KJ)**


Fonte: Os Autores (2021)

Esse resultado está de acordo com o esperado, visto que no setor alimentício, os consumos de energia podem atingir valores bastante elevados, principalmente devido ao seu armazenamento. Sendo o método de conservação mais utilizado, o congelamento recorre ao frio e, conseqüentemente, apresenta um peso muito significativo a nível energético, podendo atingir em alguns casos os 90%, tornando assim um ponto onde o aumento de eficiência pode ser conseguido com alguma facilidade. A implementação de estratégias de otimização e controle nos sistemas já existentes pode levar a melhorias energéticas até 30% (Jorge, 2015)

Para Jorge (2015), em processos de refrigeração as perdas de energia são muito comuns e a degradação das instalações com o decorrer dos anos leva a enormes desperdícios e conseqüentemente ao aumento do gasto de energia. Por outro lado, os sistemas de frio são constituídos por máquinas extremamente duradouras, podendo-se encontrar, por exemplo, instalações de refrigeração bem antigas, sentindo-se desta forma o efeito do atraso tecnológico e a sua degradação. Diante disso, numa empresa em que a refrigeração é necessária, como no caso de indústrias processadoras de polpas de frutas congeladas, a energia elétrica consumida para a produção de frio é acentuada, representando cerca de 54% do consumo total da planta industrial.

Vale ressaltar que, os valores obtidos nesse trabalho representam estimativas baseadas nas especificações de cada equipamento, que variam entre as diferentes plantas industriais e devem ser dimensionados conforme a vazão de produto

processado, a fim de se garantir a eficiência de tais equipamentos. As câmaras frias, por exemplo, devem ser dimensionadas considerando a carga térmica do produto e o tempo necessário para o escoamento da produção. De forma geral, recomenda-se que todos os equipamentos operem com capacidade máxima, de modo a garantir o rendimento ótimo de processo.

Desta maneira, é fundamental que os setores industriais busquem adotar medidas de eficiência energética (MEE). O Plano Nacional de Energia (2030) sugere, por exemplo, o uso de motor de alto rendimento, a adequação da potência do motor e de bombas à carga, e a redução das margens de segurança no projeto da capacidade do sistema. Tais medidas, além de impactarem positivamente na economia e na eficiência energética, provocam melhorias diretas na redução de emissões do setor.

### 3.3 Balanço energético na produção de polpa de manga

Analisando-se o balanço energético total da produção de polpa de manga, observou-se que, enquanto aproximadamente  $2,3 \times 10^6$  KJ de energia entraram no processo, apenas  $2 \times 10^6$  kJ saíram como oferta de energia do produto final, o que representa uma eficiência de aproximadamente 87%. Na busca pelo aumento dessa eficiência, além da utilização de sistemas orgânicos de produção, que reduzem a energia associada à etapa agrícola, um outro ponto importante, que também deve ser considerado no caso específico do processamento da manga, é a grande quantidade de resíduo gerada nesse processamento, onde quantidade significativa de



energia também é perdida. Marques e colaboradores, (2010), determinaram a composição centesimal de minerais na casca e na polpa da manga Tommy Atkins e observaram que, os conteúdos de proteína, amido e fibra alimentar da casca são maiores do que na polpa.

Segundo Florêncio e colaboradores (2012) todas as partes da manga podem ser aproveitadas, porém os brasileiros não possuem o hábito de consumir, além da polpa, outras partes das frutas. Nesse sentido, 40% a 60% da massa total da manga é descartada como resíduo, dos quais 12% a 15% consistem em casca e 15% a 20% são amêndoa (Vieira et al., 2009). Em função do pouco conhecimento e utilização desses coprodutos do processamento da manga, pesquisas têm sido incentivadas com o objetivo de incluir esses coprodutos na alimentação humana, com o propósito econômico e nutricional (Santos, 2013). Uma alternativa seria a utilização da farinha produzida pelo tegumento e amêndoa da manga, como ingrediente na elaboração de produtos de panificação, como em bolo (Florêncio et al., 2012) e pizza (Costa et al., 2012).

Por ser uma fruta rica em carboidratos (fonte de energia), é possível a utilização da farinha de manga na alimentação animal. Azevedo e colaboradores (2011) estimaram o conteúdo energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais, a partir de equações somativas, propostas por Detmann et al. (2008). Os autores caracterizaram, entre outros materiais, os subprodutos da manga, e estimaram a energia digestível (ED) para cada subproduto utilizado, sendo que para a manga, o valor da ED, observada in vivo, foi de  $1,44 \times 10^4$  KJ/Kg. Energia essa, comparada à do milho moído, que segundo Mourão, et al. (2012), é de  $1,54 \times 10^4$  KJ/ Kg.

Silva et al. (2016) avaliaram o efeito da substituição do milho pelo farelo de manga integral na dieta de cabras leiteiras sobre a cinética de fermentação ruminal, consumo, produção e composição do leite e observaram redução na produção máxima de gás a partir dos carboidratos totais e o volume de gás produzido a partir de carboidratos fibrosos. A substituição do milho pelo farelo de manga integral não mostrou nenhum efeito sobre o consumo de matéria seca (1890 g/d), proteína bruta (278 g/d) e fibra em detergente neutro (959 g/d). A produção de leite corrigida para 4% de gordura e a sua composição não foram afetadas pelos tratamentos, com

exceção do teor de gordura e o ácido graxo miristoleico. Os autores recomendam a substituição de milho pelo farelo de manga integral até 330 g/Kg na dieta de cabras leiteiras.

Souza et al. (2020), avaliaram o potencial do farelo de polpa de manga (FPM) como ingrediente para dietas extrusadas para juvenis de tilápia do Nilo e observaram que, apesar do desempenho dos animais ter sido impactado negativamente pela FPM, os parâmetros hematológicos e concentrações plasmáticas de albumina, proteínas totais e colesterol não foram alterados.

Esses estudos são de fundamental importância, e mostram que a utilização de casca, caroço e bagaço de manga em substituição parcial de outras matérias primas que compõem a dieta animal, pode ser uma alternativa interessante na busca da eficiência energética da manga, já que além de fornecer quantidades significativas de energia (por serem ricos em carboidratos), contribuem com a redução da demanda energética associada a produção de outros tipos de rações animais.

#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o balanço energético associado à produção da polpa de manga apresenta eficiência estimada de 87%. As entradas de energia na etapa agrícola ( $1,5 \times 10^6$  kJ) representam a maior contribuição da energia demandada pelo processo, chamando atenção para possíveis vantagens da implantação de sistemas orgânicos de cultivos. Um outro ponto que contribui com o balanço energético negativo (energia fornecida menor que energia demandada) é a massa da fruta descartada na forma de casca, caroço e bagaço. A utilização desses coprodutos, como componentes da alimentação humana ou de animais, mostra-se como alternativa promissora na busca pela eficiência energética do processo.

Pode-se perceber que a realização de estudos de balanço energético na produção de alimentos, ou em qualquer outro processo produtivo, mostram-se cada vez mais importantes e necessário. Através deles, pode-se estabelecer os fluxos de energia no processo, identificando sua demanda de energia total, e sua eficiência, refletida pelo ganho de energia e a energia necessária para produzir ou processar uma unidade de determinado produto.

Para trabalhos futuros recomenda-se

estudos de caso de indústrias específicas, que considerem o consumo real de energia pelos equipamentos de produção, devidamente dimensionados, e a energia demandada no transporte da matéria prima até a usina processadora, para que se tenha um resultado mais representativo e completo do balanço energético do produto e de possíveis pontos de melhorias na eficiência energética do mesmo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Luís P. et al. Guia de Boas Práticas: Eficiência Energética. + **AGRO**, 2018.
- Azevedo, J. A.; Valadares Filho, S.C.; Detmann, E.; Pina, D.S.; Pereira, L.G.; Oliveira, K.; Fernandes, H.J.; Souza, N., 2011. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 2, p. 391-402, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200022>
- BASSET-MENS, Claudine et al. Impactos ambientais de frutas importadas e cultivadas localmente para o mercado francês: um estudo cradle-to-farm-gate LCA. *Frutas*, v. 71, n. 2, pág. 93-104, 2016.
- Campos, A.T.; Klosowsk, E.S.; Souza, C.V.; Zanini, A.; Prestes, T.M.V. Análise energética da produção de soja em sistema de plantio direto. *Global Science and Technology*, v.2, p.38-44, 2009.
- Carneiro, J. M.; Barros, V.; Giongo, V.; Figueiredo, M.C.; Mastsuura, M., 2018. Avaliação do ciclo de vida da manga brasileira. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso** (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. Gestão da informação tecnológica para sustentabilidade: anais. Brasília, DF: IBICT, 2018., 2018.
- Carvalho, C.; Kist, B.; Beling, R., 2020. Anuário Brasileiro de Horti e Frutti. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2020. 96 p.
- Costa, T. S. O; Silva, V. C.; Fernandes, V. S.; Cavalcanti, M. T.; Florentino, E. R. Avaliação sensorial de massa de pizza enriquecida com farinha do resíduo de extração do amido da amêndoa da manga (*Mangifera indica* L.). In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia UEPB, Anais.Campina Grande, 2012.
- Da Silva, M. I.; Alves, J. E.; Costa, F. F., 2016. Caracterização físico-química da polpa de umbu em camada de espuma. *Revista Semiárido De Visu*, v. 3, n. 2, p. 82-91, 2016.
- DUARTE, Camila Madureira et al. DEMANDA ENERGÉTICA NA PRODUÇÃO DE SORGO SILAGEIRO NA REGIÃO METROPOLITANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 26, n. 6, p. 555, 2018.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Balanço Energético Nacional (BEN) 2016: Ano base 2015, 2016. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br> >. Acesso em mar/2017.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Balanço Energético Nacional (BEN) 2019: Ano base 2018, 2019. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br> >. Acesso em mar/2017.
- Food and Agriculture Organization (FAO), World Health Organization (WHO), 2019.
- Ferraro, J. L.A. 1999. Proposição de método de avaliação de sistemas de produção e de sustentabilidade. Tese de Mestrado, USP/EAALQ, São Paulo.
- Florêncio, I. M.; Souza, M. R.S.; Gondim, S. S. R.; Cavalcanti, M. T.; Florentino, E. R. Farinha do caroço da manga como ingrediente na elaboração de produtos de panificação. In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia UEPB. Campina Grande, 2012.
- GASPAR, Carlos. Eficiência energética na indústria. **Cursos de eficiência Energética, ADENE**, 2004.
- Gliessman S. 2000. Agroecologia – Processos ecológicos em agricultura sustentável. PortoAlegre: Ed. Universidade/UFRGS. 653p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 27/04/2021.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 27/04/2021.
- JORGE, João Guilherme Ramos Almeida Brasete. O impacto de boas práticas de gestão e utilização dos sistemas de refrigeração na eficiência energética. 2015.
- Lima, J.; Ferreira, R.S.A.; Christofidis, D., 2005. O uso da irrigação no Brasil. 13 p. Agência Nacional de EnergiaElétrica, 1999.
- Lockeretz, W. 1980. Energy inputs for nitrogen, phosphorus, and potashfertilizers. In: pimentel D. (Ed.). Handbook of energy utilization in agriculture. Florida: CRC Press, 1980. p. 23-26.
- Macedônio, A. C.; Picchioni, S. A.,1985. Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária. Curitiba:

Secretaria da Agricultura, Departamento de Economia Rural. 99p.

Marques, A., Chicaybam, G., Araujo, M. T., Manhães, L. R. T., & Sabaa-Srur, A. U. (2010). Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *Revista Brasileira de fruticultura*, 32(4), 1206-1210. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000117>

Matta, V. M.; Júnior, M. F.; Cabral, L. M. C.; Furtado, A. A., 2005. Polpa de fruta congelada - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

Melo, M. L. N.; Costa, T. S.; Souza, C. A. B.; Marsiglia, W. I. M. L. Farinha do caroço da manga como ingrediente na elaboração de produtos de panificação. In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia UEPB, 1, Anais... Campina Grande, 2012.

Mineral Fertilizer Use and the Environment by K. F. Isherwood International Fertilizer Industry Association Revised Edition. Paris, February 2000.

Ministério das Minas e Energia – MME, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Plano Nacional de Energia 2030, Volume 9 - Outras Fontes, 2007.

Mourão, R.C. de.; Pancoti, C. G.; Moura, A. A.; Ferreira, A. L.; Borges, A. L. C. C.; Silva, R. R., 2012. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. *PUBVET*, Londrina, V. 6, N. 5, Ed. 192, Art. 1292, 2012.

Pimental, D.; Dazhong, W.; Giampietro, M., 1990. Technological changes in energy use in U.S. agricultural production. In: Gliessman, S. R. (Ed). *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. New York: Springer-Verlag, p. 305-321. (*Ecological Studies*, 78).

SA-ELETOBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras et al. *Processamento de polpas de frutas: Uso produtivo e eficiente da energia elétrica*. 2015.

SANTOS, A. C. Avaliação do uso da farinha de casca da manga Tommy Atkins na reologia da farinha de trigo

e na aceitabilidade do pão de forma. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR.

Silva, L. C.; Silva, M. V., 2015. Subproduto desidratado de manga (*Mangifera indica* L.): Proposição para produção de biscoitos. **Revista Brasileira de Produtos Agropecuários**, v. 17, p. 251-262.

Silva, J. de L.; Guim, A.; Carvalho, F. F. R., 2016. Replacement of corn with mango meal for dairy goats. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, v. 29, n. 3, p. 178-187, 2016. DOI: [10.17533/udea.rccp.v29n3a03](https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n3a03)

Souza, J. L.; Casali, V. W.; Santos, R. H. S.; CECON, P. R., 2008. Balanço e análise da sustentabilidade energética na produção orgânica de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 4, p. 433-440, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000400003>

Souza, S. A.; Souza, A. M.; Souza, R. C.; Melo, J. F. B.; Vidal, V. O., 2020. Farelo de polpa de manga em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): Digestibilidade, Desempenho de crescimento, Análise bioquímica, Atividade enzimática digestiva, variáveis hematológicas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v. 21, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402121402020>

Tabela brasileira de Composição de Alimentos-TACO/ NEPA. UNICAMP. 4ª edição. rev. e ampl. NEPA- UNICAMP. 2011.

Tolentino, V. R.; Gomes, A. *Processamento de vegetais: frutas/polpa congelada*. Manual técnico, v. 12, p. 24, 2008.

Vieira, P. A. F.; Queiroz, J. H.; Vieira, B. C.; Mendes, F. Q. Barbosa, A. A.; Sialino Muller, E. S.; Sant'Ana, R. C. O.; Moraes, G. H. K. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) VAR. Ubá. **Revista Alimentação Nutricional**, v.20, n.4, p.617-623, 2009.