

DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM PARA MAMÕES PAPAYA NO PONTO DE VENDA: INTEGRAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, TRIZ E QFD PARA REDUÇÃO DE PERDAS

Eduardo Villanacci Matias – d2023012104@unifei.edu.br
Simão Pedro de Andrade Jomaa – d2023005100@unifei.edu.br
João Victor Landim Pereira – d2023002298@unifei.edu.br
Igor José Garcia de Oliveira – d2023005600@unifei.edu.br
Brenda Baptista Ricotta – d2020007423@unifei.edu.br
Elton Breno Ribeiro – d2020028853@unifei.edu.br
Lucas koiti Takano Borges – d2023000963@unifei.edu.br

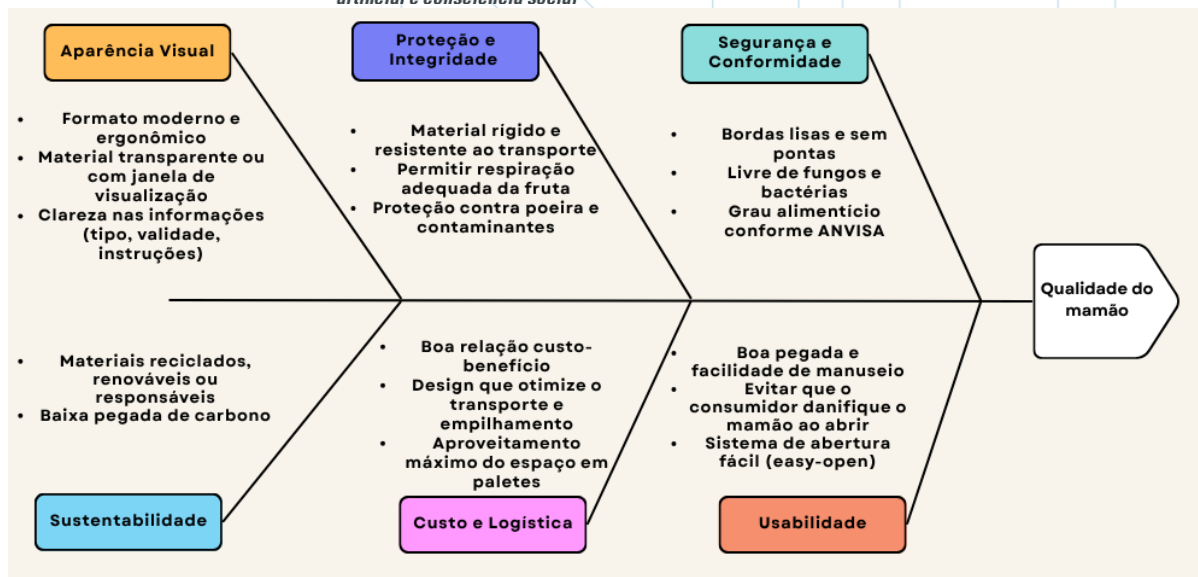
Palavras-chave: Mamão; embalagem, QFD, qualidade, capacidade processo.

1. INTRODUÇÃO

O Mamão Papaya (*Carica papaya*) é um fruto amplamente consumido no Brasil, mas apresenta alta sensibilidade a impactos, vibrações e variações de umidade. Essas características tornam a logística um desafio, já que as perdas são comuns entre a colheita e a chegada ao consumidor final.

Para Kader, Ben-Arie e Philosoph-Hadas (2001), a qualidade de frutos e vegetais é uma combinação de atributos: aparência visual (frescura, cor, defeitos e doenças); textura (firmeza, suculência e integridade dos tecidos); gosto (sabor e cheiro); valor nutritivo (teor de vitaminas, minerais e fibras); e segurança (ausência de resíduos químicos e contaminação microbiana). A alta sensibilidade do mamão papaya exige que estes atributos sejam preservados em toda a cadeia de abastecimento (Figura 1).

Figura 1 – Qualidade do mamão.



Fonte: Autores.

O percentual de perdas logísticas é crítico para o setor. O desenvolvimento de embalagens sob medida, que evitem danos e considerem aspectos sustentáveis, pode ajudar a reduzir desperdícios. Para garantir a integridade do Mamão Papaya no ponto de venda, foi aplicada a metodologia Quality Function Deployment (QFD). A matriz da Casa da Qualidade traduz as necessidades dos clientes em requisitos de projeto, visando aumentar a confiabilidade da embalagem e preservar a integridade do produto. Este trabalho busca desenvolver conceitos utilizando o QFD integrado a outras metodologias, como Inteligência Artificial, para identificar e resolver contradições, reduzindo perdas causadas pela sensibilidade do Mamão Papaya e deficiências na embalagem, focando no transporte e armazenamento.

2. DESENVOLVIMENTO

A integração da Inteligência Artificial (IA) no processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) é fundamental para superar limitações, como a subutilização da IA em testes de conceito, conforme apontado por Witkowski e Wodecki (2025).

Neste sentido, este trabalho buscou desenvolver conceitos via IA que otencializasse a redução de perdas ocasionadas por deficiências na embalagem de mamão papaya, com foco no manuseio e armazenamento no ponto de venda.

Atualmente, o mamão papaya é amplamente comercializado em embalagens que nem sempre garantem a integridade do fruto sensível durante a logística.

Figura 2 – Embalagens atuais utilizadas do mamão no ponto de venda.



Fonte: Autores.

A solução validada foi uma embalagem estilo "ovo", inspirada em cavidades individuais. O design minimiza o contato entre os frutos, reduzindo riscos de atrito e amassamento, essencial para frutos sensíveis. A estrutura foi planejada para maior ventilação, retardando o amadurecimento e mantendo características sensoriais. A embalagem atua como barreira contra agentes físicos e ambientais, evitando deformações e reduzindo umidade e condensação. Deve permitir empilhamento em pallets, suportando o peso sem comprometer sua estrutura ou a qualidade da fruta. O conceito também prioriza a sustentabilidade, utilizando material reciclável para diminuir o impacto ambiental e facilitar a logística reversa.

O método QFD (Quality Function Deployment), em especial a matriz da Casa da Qualidade, traduz as necessidades dos clientes em requisitos de projeto. Neste trabalho, a Matriz I do QFD foi utilizada para priorizar os requisitos e identificar as contradições. A Casa da Qualidade também identifica as contradições entre os requisitos de projeto, potencializando uma análise sistemática baseada na ferramenta TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch). O uso do QFD e da TRIZ potencializa soluções inovadoras que atendam aos requisitos de projeto priorizados, bem como às contradições (Meryeme e Brahim, 2023). Tendo como objeto de estudo a embalagem do mamão papaya no ponto de venda e buscando atender aos atributos de qualidade, utilizou-se as recomendações de Witkowski e Wodecki (2025) para a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na geração de conceitos de produto, integrada

A análise da Matriz I permite identificar a priorização dos requisitos de projetos e suas contradições. Estes resultados foram utilizados no GPT-5.0 ®, tendo como prompt: “Desenvolva uma imagem de embalagem para mamão utilizada no ponto de venda, considerando: Resistência ao impacto lateral e vibração 441, Projeto de ventilação 443, Material estruturado 627 e as contradições Custo total competitivo e Material estruturado.” (Tabela 1).

Tabela 1 – Concepções geradas pelo GPT-5.0 ® para a embalagem do mamão no ponto de venda.

Modelo icônico da concepção	Descrição
	Esta imagem gerada não destaca as colunas de papelão dentro da bandeja separando os mamões, bem como dando a possibilidade de empilhamento.
	Esta imagem gerada não considera a compatibilidade dimensional da embalagem e dos mamões no seu interior, compromete a possibilidade de empilhamento das embalagens sem danificar os mamões.

Fonte: Autores.

A embalagem proposta é uma caixa modular em papelão tratado ou plástico retornável, destinada ao transporte de mamões papaya. Com dimensões de 400 mm × 600 mm × 120 mm, é compatível com o pallet PBR, otimizando o empilhamento. A estrutura acomoda de seis a oito mamões, totalizando entre 8 e 10 kg, preservando a integridade das frutas durante o transporte e exposição.

A base possui cavidades individuais que amortecem impactos e evitam atrito. A tampa tem aberturas de ventilação de 10–12% da área, permitindo circulação de ar

e controle da maturação. Travas laterais garantem estabilidade no empilhamento. A embalagem atende a normas de resistência, suportando até 250 kgf sem colapsar e mantendo a integridade após duas horas de vibração simulada. O índice de absorção de água não ultrapassa 80 g/m², garantindo resistência em ambientes úmidos.

Pesando 1,5 kg na versão retornável, a durabilidade é de cinco ciclos, reduzindo o impacto ambiental. O custo de produção é competitivo, representando até 15% do valor do produto, entre R\$4,50 a R\$10,00 por quilograma. A proposta utiliza materiais recicláveis, com até 30% de material reciclado na versão em papelão, contribuindo para práticas sustentáveis no setor hortifrutícola. A embalagem equilibra desempenho técnico, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental, sendo uma solução eficiente para o transporte de mamões papaya.

Figura 5 – Concepção final gerada pelo GPT-5.0 ® para a embalagem do mamão no ponto de venda.

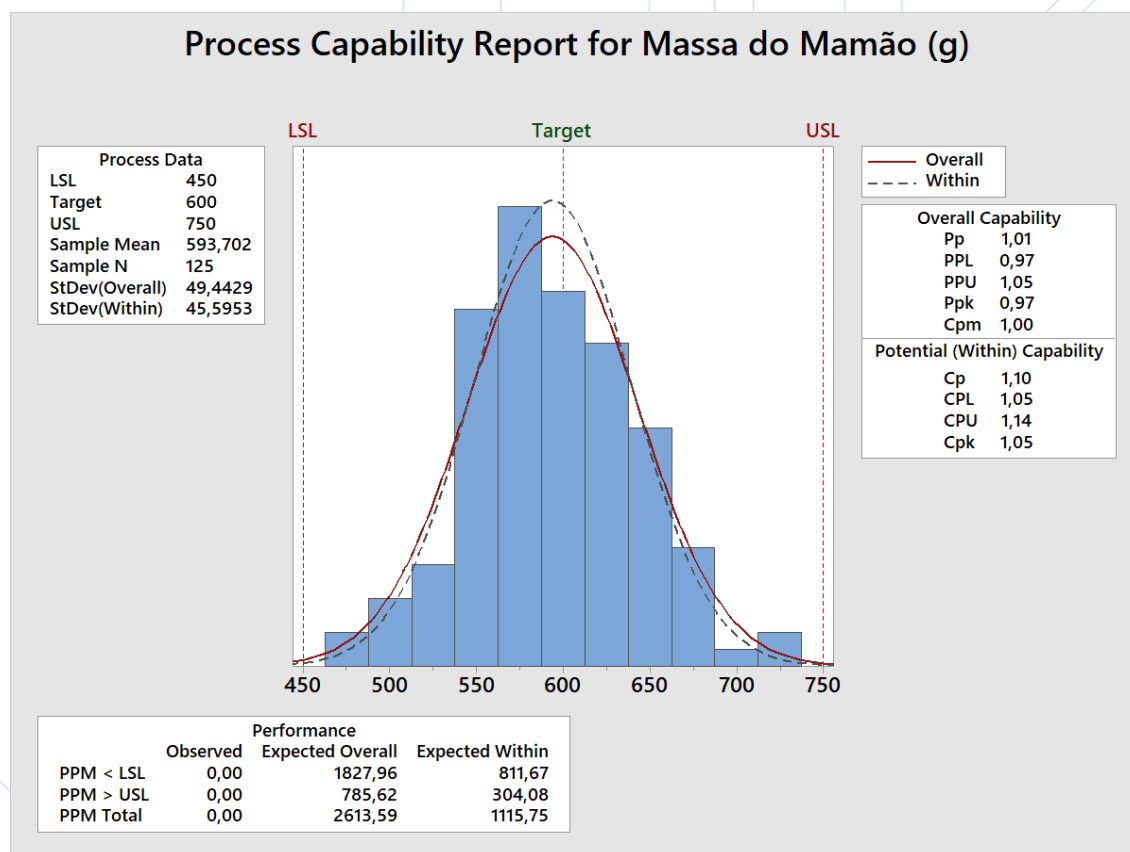


1. **Medidas externas:** 400 mm × 600 mm × 120 mm, compatíveis com o **pallet padrão PBR**, permitindo o empilhamento e transporte padronizado.
2. **Capacidade volumétrica:** projetada para conter **6 a 8 unidades de mamões papaia**, com **peso total entre 8 e 10 kg**.
3. **Proporção estrutural:** dimensões definidas de modo a equilibrar **capacidade interna, ventilação e estabilidade mecânica**, evitando deformações durante o empilhamento.

Fonte: Autores.

A análise da capacidade do processo (Cpk) foi feita considerando a massa do mamão papaya (g), escolhida por refletir a padronização e a estabilidade dimensional do produto na embalagem. A uniformidade da massa é crucial para equilibrar a carga durante o empilhamento, evitando deformações e sobrecarga nos frutos mais frágeis. O controle desse parâmetro está diretamente ligado à qualidade do acondicionamento e à redução de perdas no ponto de venda.

Figura 6 – Capacidade do processo do parâmetro massa considerando as medidas existentes do hortifruti Mamão Papaya



Fonte: Autores.

Realizaram-se 125 medições de massa no hortifruti selecionado, abrangendo diferentes lotes e horários, para capturar a variabilidade do processo. Os limites de especificação foram definidos em 450 g (LSL) e 750 g (USL), com um valor-alvo de 600 g, representando o peso médio ideal do mamão papaya. A análise estatística revelou uma média amostral (μ) de 593,7 g e desvio-padrão (σ) de 49,4 g, indicando um processo relativamente estável.

Os índices de capacidade calculados foram $C_p = 1,10$ e $C_{pk} = 1,05$, mostrando que o processo é marginalmente capaz, atendendo aos limites de especificação, mas com segurança reduzida em relação ao ideal de $C_{pk} \geq 1,33$. A diferença entre C_{pu} (1,14) e C_{pl} (1,05) sugere leve assimetria na distribuição das massas, com tendência de deslocamento da média para o limite inferior, indicando frutos um pouco mais leves que o valor nominal.

O histograma evidencia uma distribuição aproximadamente normal, com amostras concentradas perto do valor alvo e ausência de observações fora dos limites especificados. Isso mostra que o processo de seleção e embalagem tem bom controle e repetibilidade, com variabilidade natural aceitável e praticamente zero peças não conformes. No entanto, o deslocamento da média sugere melhorias na padronização da triagem e verificação periódica das balanças, visando recentrar o processo e aumentar o índice de capacidade.

Em síntese, a análise de capacidade demonstra um nível satisfatório de controle, capaz de atender às especificações do projeto. O aprimoramento das práticas operacionais pode elevar o Cpk para valores acima de 1,33, garantindo maior robustez ao processo e reduzindo perdas logísticas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho integra fundamentos teóricos da Engenharia do Produto, propondo uma solução inovadora para a embalagem de maçãs no ponto de venda, focando em qualidade, sustentabilidade e redução de perdas. As principais conclusões são:

- **Redução de Perdas:** O uso do QFD identificou fatores de desperdício, como impacto mecânico e umidade, orientando o projeto para mitigá-los. A nova embalagem modular com cavidades individuais diminuiu o contato entre os frutos, possibilitando empilhamento seguro. Estudos indicam que soluções semelhantes podem reduzir perdas logísticas em 10% a 20%.
- **Uso de IA e Métodos:** O GPT-5.0®, em conjunto com QFD e TRIZ, priorizou as necessidades dos clientes e gerou soluções inovadoras.
- **Embalagem Sustentável:** A proposta utiliza papelão reciclado ou plástico retornável, com ventilação de 10–12% da área total, garantindo frescura e integridade do mamão, além de permitir até cinco reutilizações. O custo de produção varia entre R\$4,50 e R\$10,00 por quilograma, mantendo viabilidade para pequenos e médios produtores.

- Validação e Futuro: Conceitos validados mostram eficácia, mas testes reais e aceitação no mercado são passos futuros.

Assim, este trabalho contribui para o design de embalagens de maçãs, oferecendo uma solução que equilibra qualidade, funcionalidade e sustentabilidade, com potencial para impactar positivamente a cadeia produtiva e reduzir perdas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento aos professores do Núcleo de Otimização da Manufatura e Tecnologia da Inovação (NOMATI): Anderson Paulo de Paiva, Juliana Helena Daroz Gaudêncio, Carlos Henrique Pereira Mello e Carlos Eduardo Sanches da Silva.

REFERÊNCIAS

EPAGRI. 50 anos de pesquisa da Epagri transformam o Brasil de importador a exportador de maçã. Observatório Agro Catarinense, Florianópolis/SC, 22, setembro 2025. Desempenho Agro. Disponível em: <https://www.observatorioagro.sc.gov.br/noticias/desempenho-agro/50-anos-de-pesquisa-da-epagri-transformam-o-brasil-de-importador-a-exportador-de-maca/>. Acesso em: 24, setembro de 2025.

ASTM D4169 – 22. Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems. **ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022.**

ASTM D642 – 22. Standard Test Method for Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads. **ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022.**

ISO 535:2014. Paper and board — Determination of water absorptiveness — Cobb method. **International Organization for Standardization, Geneva, 2014.**

KADER, A. A.; BEN-ARIE, R.; PHILOSOPH-HADAS, S. Quality assurance of harvested horticultural perishables. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 51–55, 2001.



IEPG SUMMIT'25

*Pensando o futuro com inteligência
artificial e consciência social*

MERYEME, Bououchma; BRAHIM, Herrou. Big data and AI-driven product design: a survey. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, p. 9433, 2023.

WITKOWSKI, Aron; WODECKI, Andrzej. Where does AI play a major role in the new product development and product management process? **Management Review Quarterly**, p. 1–38, 2025.



Inatel

