

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

Aline de Sousa Neves – d2023011161@unifei.edu.br

Kamilly dos Santos – d2023003259@unifei.edu.br

Lívia Barbosa Ribeiro – d2023013371@unifei.edu.br

Maria Eduarda Simão – d2023001067@unifei.edu.br

Palavras-chave: morango, embalagem, QFD, qualidade, capacidade processo.

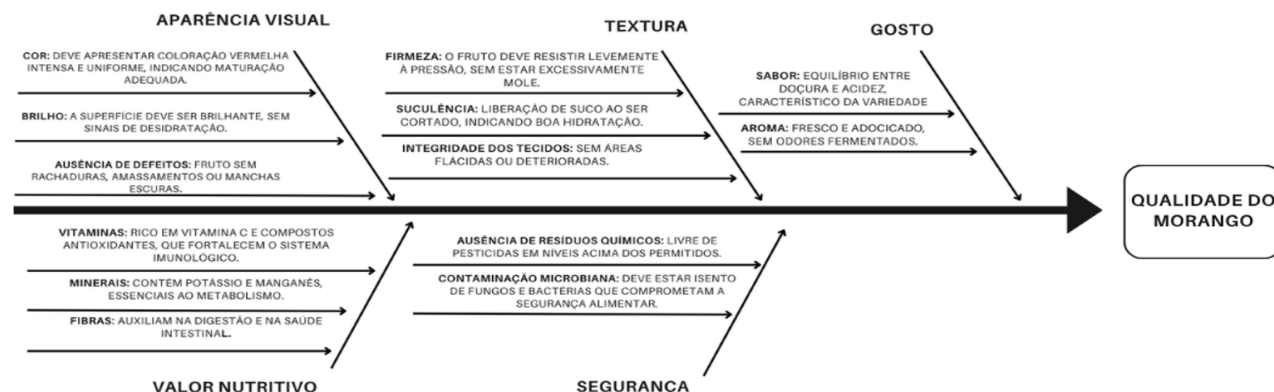
1. INTRODUÇÃO

Nas décadas de 1980 e 1990, o Brasil era importador de morangos e derivados, principalmente da Argentina e do Chile. A partir dos anos 2000, a produção nacional ganhou força com o uso de tecnologias de cultivo protegido, mudas importadas e sistemas de irrigação por gotejamento, tornando o país autossuficiente e exportador para o Mercosul e a Europa.

Atualmente, a produção concentra-se em Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul, regiões de clima ameno e altitude elevada. Segundo o IBGE (2025), o país produziu mais de 180 mil toneladas em 2024, sendo Minas Gerais responsável por 38% desse volume. A cadeia produtiva movimenta mais de R\$ 2 bilhões anuais e gera milhares de empregos diretos e indiretos.

De acordo com Kader, Ben-Arie e Philosoph-Hadas (2001), a qualidade do morango envolve atributos como aparência, textura, sabor, valor nutritivo e segurança alimentar, que influenciam diretamente sua aceitação no mercado (Figura 1). Aplicando esses atributos ao morango, é possível compreender os principais fatores que determinam sua aceitação no mercado, conforme descrito na Figura 1.

Figura 1 – Qualidade do morango.



Fonte: Autores.

As perdas pós-colheita representam um dos maiores desafios da cadeia produtiva do morango, em razão da elevada perecibilidade e sensibilidade do fruto a impactos e variações de temperatura. De acordo com a Embrapa (2020), a perda de água por transpiração pode atingir cerca de 6% do peso do fruto, afetando diretamente sua firmeza e aparência.

Estudos nacionais apontam que as perdas totais na cadeia podem variar entre 30% e 40% do volume produzido, somando as etapas de colheita, seleção, transporte e comercialização (FRIEDRICH, 2017; UNICAMP, 2019; CURTI, 2022). Esses índices são atribuídos principalmente a danos mecânicos, escurecimento, murcha e contaminações fúngicas.

2. DESENVOLVIMENTO

Com base nas análises iniciais do produto e de suas limitações, aplicou-se o benchmarking como método para comparar soluções de mercado e embasar tecnicamente o desenvolvimento da nova embalagem. Segundo Camp (1989), trata-se de um processo sistemático de aprendizado e aprimoramento contínuo. No contexto das embalagens para morangos, essa metodologia foi aplicada para analisar criticamente as limitações das soluções existentes e orientar o desenvolvimento de modelos mais eficientes e sustentáveis.

Atualmente, predominam cinco tipos de embalagens no varejo: bandeja de PET com filme PVC, clamshell rígido, sistema de atmosfera modificada (MAP), bandeja de papel cartão e flow pack. Para fins ilustrativos e de comparação, a Figura 2 apresenta exemplos das principais embalagens de morangos disponíveis no mercado atualmente, evidenciando suas diferenças estruturais e funcionais.

Figura 2 – Embalagens atuais utilizadas no morango no ponto de venda.



Fonte: Autores.

A bandeja PET + filme PVC, embora econômica e prática, apresenta baixa ventilação, pouca resistência mecânica e elevado impacto ambiental (CEAGESP, 2023). O clamshell oferece boa proteção e ventilação uniforme, mas consome mais plástico e possui custo elevado (EMBRAPA, 2022). O MAP prolonga a vida útil do produto por até 10 dias (SILVA et al., 2021), porém requer equipamentos e controle sofisticados. A bandeja de papel cartão se destaca pela sustentabilidade, mas tem menor resistência e barreira contra umidade (KLABIN, 2025). Já o flow pack é atrativo e barato, mas falha na proteção física e na durabilidade. Assim, conforme Meryeme e Brahim (2023), nenhuma alternativa isolada atende simultaneamente às exigências de conservação, sustentabilidade e custo competitivo.

O método QFD (Quality Function Deployment), em especial a Casa da Qualidade, foi aplicado de forma complementar ao benchmarking, permitindo traduzir as necessidades dos consumidores em requisitos de projeto. Essa matriz também identificou contradições entre esses requisitos, o que potencializou uma análise sistemática com apoio da ferramenta TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch). O uso combinado de QFD, TRIZ e benchmarking possibilitou uma compreensão mais ampla do produto, relacionando as demandas do consumidor aos parâmetros técnicos de engenharia e estimulando soluções inovadoras que atendem simultaneamente à qualidade e à sustentabilidade (MERYEM EBRAHIM, 2023).

Com base no benchmarking realizado, observou-se que a inovação competitiva deve priorizar resistência mecânica da base, ventilação e drenagem controladas, e o uso de materiais recicláveis e transparentes, como o PETG. Esses resultados orientaram o desenvolvimento de uma nova embalagem em PETG rígido transparente, com tampa articulada do tipo *clamshell*, microfuros de ventilação e manta absorvente biodegradável, integrando também rastreabilidade via QR code. A solução proposta reúne as melhores práticas identificadas no benchmarking e soluciona as deficiências observadas nas embalagens convencionais, equilibrando qualidade, sustentabilidade e confiança no ponto de venda.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da Matriz QFD (Figura 3) possibilitou a tradução sistemática das necessidades do consumidor em requisitos de projeto mensuráveis, promovendo uma abordagem estruturada para o desenvolvimento da embalagem de morangos. Dentre as demandas identificadas, destacam-se a proteção contra danos mecânicos, a durabilidade do produto, a boa ventilação e controle de umidade, além de fatores de atratividade visual e sustentabilidade do material. Esses atributos receberam os maiores pesos relativos na matriz, indicando alta relevância na percepção de valor do consumidor.

Figura 3 - Matriz QFD

Título: _____

Data: _____

Equipe: _____

Notas: _____

Legendas usadas nesta planilha

Modelo Kano

M Mandatória

E Esperada

A Atrativa

Correlação

++ Forte Positiva

• Positiva

- Negativa

-- Forte Negativa

Relacionamento

● Relacionamento forte

○ Relacionamento moderado

▲ Relacionamento fraco

Requisitos de projeto

Necessidades do cliente

Número de linha		Max. relacionamento na linha	Importância relativa (%)	Modelo Kano	Importância ou peso	Requisitos de projeto	Resistência Mecânica	Estrutura de Embalagem	Tipo de Material	Selagem e Fechamento	Dimensões Padronizadas	Peso da Embalagem	Transparência	Rolagem	Custo do Produto Unitário	Avaliação de Mercado (Requis. 5-Melhor)			
							▲	▲	▲	▲	×	▼	▲	▼					
1	9	16,1	M	5		Durabilidade maior do Morango	●	○	○	○		▲	▲						
2	9	16,1	M	5		Proteção contra Esmagamento e danos mecânicos.	○	○	○	▲	▲		○						
3	9	12,9	A	4		Redução do Uso de Plástico		○					○		○				
4	9	12,9	M	4		Bom Ventilação e Cont. de Umidade		○	○	○		▲							
5	9	9,7	E	3		Transparência (Visual)			○				○						
6	9	9,7	E	3		Facilidade no Manuseio e Transp.		○			○	○							
7	9	9,7	E	3		Informações Claras(Rotulo)				▲			○						
8	9	12,9	A	4		Preço Acessível			○					○					
9			A																
10			M																

Requisitos de projeto

Necessidades do cliente

Legendas usadas nesta planilha

Modelo Kano

M Mandatória

E Esperada

A Atrativa

Correlação

++ Forte Positiva

• Positiva

- Negativa

-- Forte Negativa

Relacionamento

● Relacionamento forte

○ Relacionamento moderado

▲ Relacionamento fraco

Requisitos de projeto

Necessidades do cliente

Número de linha		Max. relacionamento na linha	Importância relativa (%)	Modelo Kano	Importância ou peso	Requisitos de projeto	Resistência Mecânica	Estrutura de Embalagem	Tipo de Material	Selagem e Fechamento	Dimensões Padronizadas	Peso da Embalagem	Transparência	Rolagem	Custo do Produto Unitário	Avaliação de Mercado (Requis. 5-Melhor)			
							▲	▲	▲	▲	×	▼	▲	▼					
1	9	16,1	M	5		Durabilidade maior do Morango	●	○	○	○		▲	▲						
2	9	16,1	M	5		Proteção contra Esmagamento e danos mecânicos.	○	○	○	▲	▲		○						
3	9	12,9	A	4		Redução do Uso de Plástico		○					○		○				
4	9	12,9	M	4		Bom Ventilação e Cont. de Umidade		○	○	○		▲							
5	9	9,7	E	3		Transparência (Visual)			○				○						
6	9	9,7	E	3		Facilidade no Manuseio e Transp.		○			○	○							
7	9	9,7	E	3		Informações Claras(Rotulo)				▲			○						
8	9	12,9	A	4		Preço Acessível			○					○					
9			A																
10			M																

Requisitos de projeto

Necessidades do cliente

Legendas usadas nesta planilha</

As correlações positivas entre resistência mecânica, estrutura da embalagem e tipo de material reforçam que a escolha do polímero e o design geométrico exercem impacto direto sobre a integridade física dos frutos durante o transporte e armazenamento. A análise do modelo Kano complementou a priorização dos atributos, classificando a durabilidade e a ventilação como características “mandatórias”, enquanto a rotulagem informativa e o apelo sustentável foram avaliados como “atrativos”, capazes de gerar diferenciação de mercado.

A concepção inicial da embalagem (Figura 4) materializa os primeiros resultados do processo de projeto. O modelo proposto adota formato retangular padrão de 250 g, confeccionado em PET transparente com tampa encaixável e rotulagem adesiva. A solução prioriza a visibilidade do produto, e inclui identificação clara do conteúdo por meio de rótulo minimalista com QR Code. No entanto, conforme evidenciado pela análise QFD, essa configuração inicial ainda apresentava limitações quanto à ventilação interna, controle de umidade e absorção de líquidos, fatores críticos para a manutenção da vida útil do morango.

Esses achados indicaram a necessidade de aprimoramentos voltados à micro ventilação lateral e superior, à inclusão de manta absorvente e à redução do uso de filme adicional, buscando maior sustentabilidade e conservação pós-colheita.

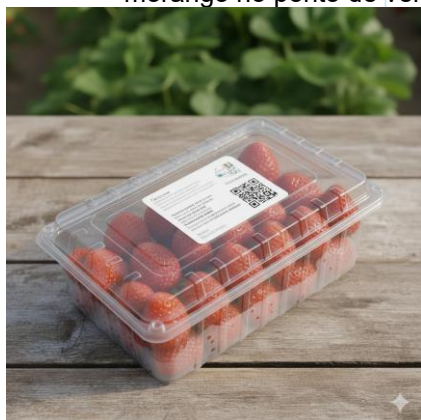
Figura 4 - Concepção Inicial da Embalagem



Fonte: Autores / GPT-5 © OpenAI (2025).

A concepção gerada pelo GPT-5.0 ® foi aprimorada por meio de ajustes no prompt até atingir a concepção gerada pelo Gemini 1.5 Pro © Google DeepMind, considerada ideal com a descrição da embalagem (Figura 5). Durante esse processo, mantiveram-se elementos positivos da proposta inicial, como a etiqueta com QR Code na tampa, que reforça a rastreabilidade do produto, a transparência nas informações ao consumidor e a confiabilidade da marca. Além disso, o QR Code amplia a experiência de uso ao permitir o acesso a conteúdos complementares, como receitas, dicas de conservação e informações sobre a origem dos morangos, tornando a embalagem não apenas funcional, mas também interativa e educativa.

Figura 5 – Concepção final gerada pelo Gemini 1.5 Pro © Google DeepMind para a embalagem de morango no ponto de venda.

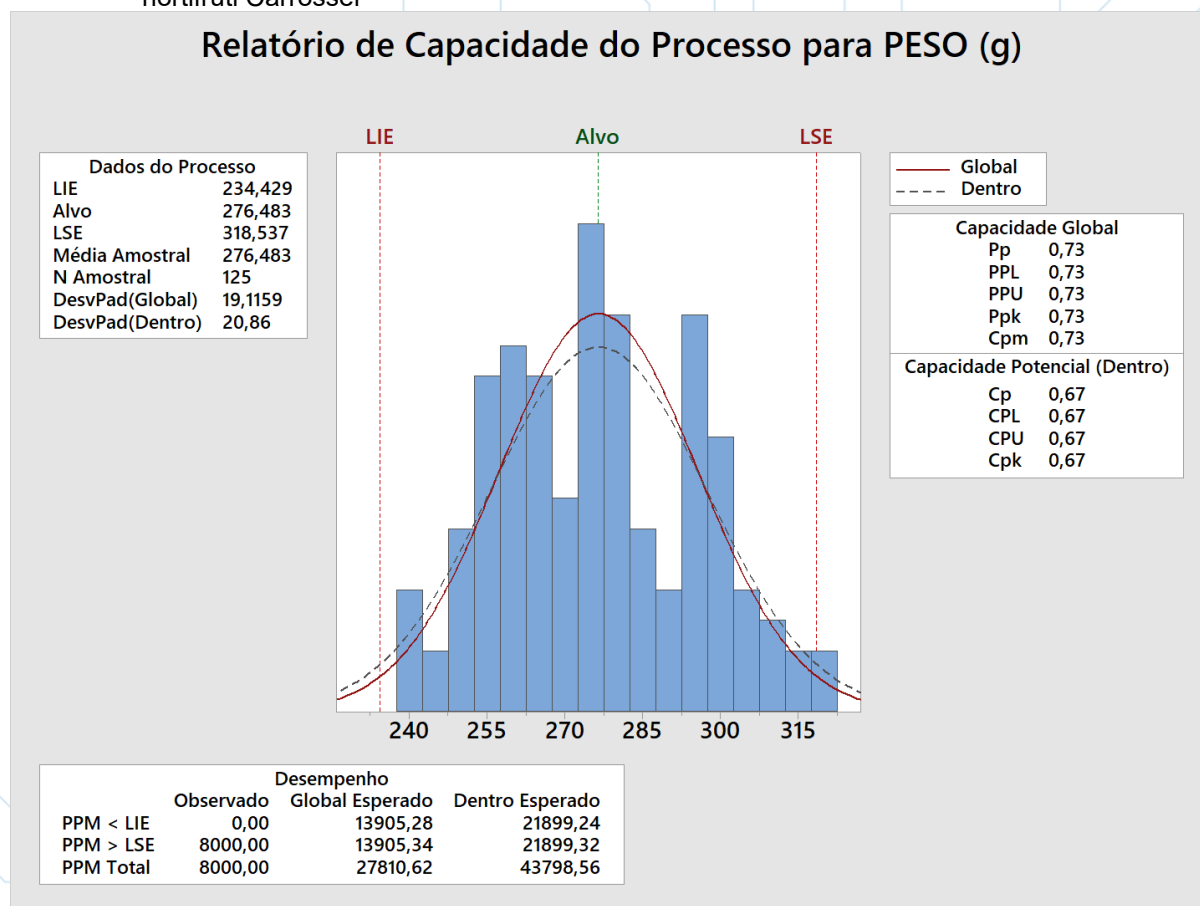


- 1. Dimensões principais da bandeja (adequadas ao morango calibre médio, Ø ≈ 35 mm):**
 - Comprimento externo: 120 mm
 - Largura externa: 90 mm
 - Altura total: 55 mm
 - Espessura média do PETG rígido transparente: 0,35 mm ± 0,05 mm
- 2. Estrutura interna (capacidade e forma):**
 - Volume útil interno projetado para 250 g de morangos frescos.
 - Base interna sem divisórias, com leve curvatura de assentamento para acomodação estável dos frutos e favorecer a drenagem de umidade.
 - Cantoneiras arredondadas (raio ≈ 4 mm) para minimizar danos mecânicos aos morangos e facilitar o escoamento de ar.
- 3. Perfurações laterais (ventilação):**
 - Diâmetro dos microfuros: 2,0 mm ± 0,2 mm.
 - Distribuição: 10 furos laterais (5 por lado), posicionados em regiões estratégicas de fluxo de ar — próximas às bordas e alinhadas aos canais de
 - Função: controle de umidade e troca gasosa, reduzindo condensação interna sem comprometer a biossegurança.
- 4. Tampa e fechamento:**
 - Sistema clamshell com tampa articulada e travas frontais e laterais (4 pontos de retenção).
 - Tampa com relevos discretos longitudinais que formam microcanais de ventilação, permitindo circulação de ar e aumentando a rigidez estrutural.
 - Resistência mecânica mínima: > 5 kgf.
- 5. Manta absorvente transparente (base):**
 - Material: polímero hidrofílico parcialmente transparente (gramatura ≈ 45 g/m²).
 - Função: absorver o excesso de umidade e permitir a visualização integral dos frutos através da base.
 - Disposição: posicionada no fundo, aderida sem contato direto com o rótulo e visível pelas laterais.

Fonte: Autores / Gemini 1.5 Pro © Google DeepMind (2025).

A partir de 125 medições de peso das embalagens de morangos, foi possível avaliar a capacidade do processo por meio das análises geradas no Minitab. Observa-se que o processo apresenta média de 276,48 g, coincidente com o valor-alvo estabelecido, e limites de especificação definidos entre 234,43 g (LIE) e 318,54 g (LSE). O teste de normalidade (valor-p = 0,077) indica que os dados seguem aproximadamente uma distribuição normal, validando a aplicação dos índices de capacidade. Entretanto, os valores de Cp (0,67) e Cpk (0,67) demonstram que o processo não é capaz de atender consistentemente às especificações, apresentando variabilidade elevada em relação à faixa tolerada. Além disso, cerca de 8.000 ppm das amostras ultrapassaram o limite superior de especificação, indicando tendência de excesso de peso em parte das unidades. O intervalo de tolerância de 95% confirma que aproximadamente 95% da amostra está contida entre 234,43 g e 318,54 g, coerente com os limites definidos, mas ainda insuficiente para garantir conformidade total. Assim, conclui-se que o processo está centralizado em torno do alvo, porém necessita de ajustes para redução da variabilidade e aumento dos índices de capacidade, de modo a assegurar maior estabilidade e conformidade dos pesos produzidos.

Figura 6 – Capacidade do processo do parâmetro peso (g) considerando as medidas existentes do hortifruti Carrossel



Fonte: Autores/Minitab (2025).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho integrou os fundamentos teóricos das disciplinas de Engenharia da Qualidade, Gestão da Qualidade e Engenharia do Produto, resultando em uma embalagem inovadora para morangos voltada ao ponto de venda. A proposta buscou equilibrar qualidade, conservação e sustentabilidade, considerando a elevada perecibilidade do fruto.

A adoção de embalagens dimensionadas e ventiladas, como o modelo clamshell em PETG transparente, permite melhor controle da umidade interna e reduz danos mecânicos, minimizando perdas que podem alcançar 8–15% na comercialização. O uso do GPT-5.0®, aliado ao método QFD, possibilitou identificar as principais demandas do consumidor, enquanto o Gemini 1.5 Pro © Google DeepMind contribuiu com a representação visual realista da concepção final,

consolidando a integração entre engenharia e inteligência artificial no desenvolvimento do projeto.

A embalagem final incorporou microventilação estratégica, relevos estruturais e manta absorvente translúcida, favorecendo a conservação e mantendo o apelo visual. O rótulo com QR Code reforça a rastreabilidade e a interação com o consumidor, agregando valor informativo ao produto. Apesar de tecnicamente viável e inovadora, recomenda-se a validação experimental quanto à resistência, desempenho e aceitação de mercado.

Assim, o estudo contribui para o avanço no design de embalagens de morangos, oferecendo uma alternativa funcional, sustentável e tecnologicamente atual, com potencial para reduzir perdas e fortalecer a competitividade no setor hortifrutícola.

5. 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.

6. REFERÊNCIAS

CAMP, R. C. Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance. Milwaukee: **ASQC Quality Press**, 1989.

CEAGESP. Perdas pós-colheita em hortifrútiis: panorama e recomendações. São Paulo: **Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo**, 2023.

EMBRAPA. Tecnologias de conservação pós-colheita do morango. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2022.

IBGE. Produção agrícola municipal: morango. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2025.

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



IEPG SUMMIT'25

*Pensando o futuro com inteligência
artificial e consciência social*

MERYEME, B.; BRAHIM, H. Integration of QFD and TRIZ for innovative packaging design. **International Journal of Product Design and Development**, v. 28, n. 2, p. 121–138, 2023.



Inatel

