

(S9-O34)

DESENVOLVIMENTO DE CAIXAS PARA TRANSPORTE DE HORTÍCOLAS ATENDENDO EXIGÊNCIAS DO RESFRIAMENTO E PROTEÇÃO

**ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA FERRAZ⁽¹⁾, BÁRBARA TERUEL MEDEROS⁽²⁾,
FRANCIANE COLARES SOUZA⁽³⁾, ARMANDO KAZUO FUJII⁽⁴⁾ e ROBERTO
FUNES ABRAÃO⁽⁵⁾**

⁽¹⁾ Faculdade de Engenharia Agrícola, CP 6011, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083-875 Campinas, Brasil, carlos@agr.unicamp.br, +55 19 3521-1058

⁽²⁾ Faculdade de Engenharia Agrícola, CP 6011, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083-875 Campinas, Brasil, barbarat@agr.unicamp.br, +55 19 3521-1082

⁽³⁾ Doutoranda da Faculdade de Engenharia Agrícola, CP 6011, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083-875 Campinas, Brasil, franciane@agr.unicamp.br, +55 19 3521-1058

⁽⁴⁾ Faculdade de Engenharia Agrícola, CP 6011, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083-875 Campinas, Brasil, afujii@agr.unicamp.br, +55 19 3521-1077

⁽⁵⁾ Faculdade de Engenharia Agrícola, CP 6011, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 13083-875 Campinas, Brasil, roberto@agr.unicamp.br, +55 19 3521-1057

Palavras chave: madeira – resfriamento rápido – vibração – propriedades mecânicas – área de abertura

RESUMO

A utilização da madeira como material construtivo de caixas para transporte de produtos agrícolas é atraente nos dias atuais por ser recurso renovável e de grande benefício social por gerar emprego e renda. No Brasil a confecção de caixas de madeira é feita sem a preocupação de torná-las adequadas a processos de pós-colheita ou mesmo proteger adequadamente o produto. Neste trabalho avaliou-se o desempenho de seis concepções de caixas de madeira, construídas de madeira de reflorestamento *pinus elliotti*, submetendo-as a ensaios de resfriamento e de vibração. Os seis modelos de caixas foram concebidos com ripas retas e apresentaram área lateral com aberturas efetivas de 11,9%; 15,9%; 27,2%; 30,4%; 42,6% e 45,6%. Para avaliar o desempenho dos modelos quanto ao resfriamento com ar forçado, um leito de 72 laranjas foi resfriado, medindo-se a temperatura em 18 pontos. Investigou-se influência da área efetiva de aberturas e da vazão de ar no meio tempo de resfriamento. Para os ensaios de vibração utilizou-se uma mesa vibratória com amplitude fixa e ajustando-se a frequência para 20 Hz. Tomates maduros foram colocados nos modelos selecionados das caixas, correspondentes às três melhores configurações quanto ao desempenho no resfriamento, vibradas pelo período de 1 hora seguido de avaliação dos danos.

Estatisticamente, a melhor caixa, com o menor tempo médio, de 35,48 min, e homogeneidade no resfriamento, foi a caixa com 45,6% de área efetiva de abertura. Entre os modelos com 42,6%; 30,4% e 27,2% de abertura, não houve diferenças significativas, atingindo-se tempos médios de resfriamento de 38,9 min; 39,2 min e 39,3 min, respectivamente. Já nos modelos com 15,2% e 11,9% de área de abertura, as frutas atingiram o tempo de resfriamento em 42,9 min e 44,8 min, sendo esta diferença significativa com relação aos outros quatro modelos de caixas ($p < 0,05$). Os ensaios de vibração revelaram correlação direta entre o perímetro das áreas de abertura da lateral e a ocorrência de danos. Diante desse resultado, uma solução de compromisso o desempenho do resfriamento e do ensaio de vibração foi adotada, escolhendo-se a configuração intermediária como a mais adequada.

DEVELOPMENT OF FRUIT AND VEGETABLE TRANSPORTATION BOXES IN COMPLIANCE WITH COOLING AND PROTECTION REQUIREMENTS

Keywords: wood – rapid cooling - vibration – mechanical properties – opening area

ABSTRACT

The utilization of wood as construction material for fruits and vegetables transportation boxes is attractive nowadays since wood is a renewable resource and brings along social benefits such as job positions and income. In Brazil, wooden boxes are made without concerning post harvest requirements or even proper protection of the produce. In this work, it was evaluated the cooling and mechanical protection performance of six different box designs, made out of *pinus elliotti* re-forestry wood. The boxes were built using straight slits showing lateral openings of 11,9; 15,9; 27,2; 30,4; 42,6 e 45,6%. It was used a 72 orange bed, measuring pulp temperature in 18 positions to evaluate the forced air cooling performance, considering opening areas and air flow in the cooling half-time. The vibration tests were performed using a fixed amplitude vibrating table at a frequency of 20Hz. Ripe whole tomatoes showing no bruises were packed using the 3 best box configurations, according to their cooling performance, to undergo continuous vibration for the period of 1 hour, followed by mechanical damage evaluation. The results showed that the best performance was achieved by the 45,6% opening area box with a cooling half-time of 35,48 min. Boxes with opening areas of 42,6; 30,4; and 27,2 % with cooling half-times of 38,9 min; 39,2 min e 39,3 min did not show significant performance differences. For boxes with opening areas of 15,2 and 11,9%, the fruit half-time temperature was reached in 42,9 and 44,8 min, respectively. They showed significant difference when compared to the other box configurations ($p < 0,05$). The vibration tests results showed a correlation between opening area perimeter and amount of fruit damage. Therefore, a compromising solution between both, cooling times and vibration damage was adopted by choosing the intermediate configuration as the more adequate.

INTRODUÇÃO

A utilização da madeira como material construtivo de caixas para transporte de produtos agrícolas é atraente nos dias atuais por ser recurso renovável e de grande benefício social por gerar emprego e renda. Apesar da normatização para caixas de papelão (ABNT, 1981 e 1974), ela não atinge a todos os fabricantes de embalagens, onde a confecção de caixas de madeira é feita sem a preocupação de torná-las adequadas a processos de pós-colheita ou mesmo proteger adequadamente o produto. A recente legislação brasileira (Brasil 2002) tem incentivado a busca por melhores embalagens, principalmente para os produtos mais perecíveis (Bordin, 1998; Abraão e Mederos, 2004; Castro, 2004; Luengo e Moita, 2000; Castro et al., 2001). A utilização do frio para conservação de hortícolas representa uma alternativa viável (...Cortez et al., 2002; Cortez et al., 2002b; .) e as embalagens devem ser apropriadas para obter melhores rendimentos no resfriamento rápido e posterior armazenamento refrigerado. No entanto, as exigências do beneficiamento, juntamente com as do resfriamento (Vigneault et al. 2002; Castro, 2004) poucas vezes são atendidas no projeto de embalagens. O presente trabalho é resultado parcial do projeto que reuniu exigências estruturais, de resfriamento e de proteção ao produto, na concepção de caixas de madeira para hortícolas. As melhores concepções estruturais foram ensaiadas quanto ao desempenho no resfriamento do produto, que por sua vez, foram submetidas a ensaios de vibração para avaliar

a proteção mecânica aos mesmos. São apresentados os resultados do desempenho das caixas quanto ao resfriamento e proteção mecânica.

MATERIAL E MÉTODOS

Dimensionamento de novas embalagens. Atendendo aos resultados anteriores e considerando aspectos construtivos utilizou-se de ripas retas para obter as várias áreas de abertura lateral, tendo como referência uma área efetiva de abertura mínima de 11% (Figura 1).

Foram selecionadas laranjas ‘Baianinha’, apresentando o estágio de maturação e uniformes no tamanho. O leito de 72 laranjas foi acondicionado em arranjo quadrado, e introduzidos 14 termopares, previamente calibrados, nas camadas de entrada e de saída da embalagem, perfazendo um total de 28 termopares (Figura 2). Todas as embalagens foram submetidas aos ensaios de resfriamento, com esse mesmo arranjo.

Para os ensaios de vibração foram utilizados tomates ‘Débora’, colhidos no dia anterior, obtidos de um distribuidor na Ceasa – Campinas. Os tomates foram limpos através de escovação mecânica e foram selecionados subjetivamente pela coloração (entre colorido e vermelho) pelo pessoal treinado do distribuidor. Foram utilizados os seis modelos construtivos de caixas, cuja distribuição das ripas nas laterais é mostrada na Figura 1. As testeiras são construtivamente semelhantes e não representam diferença entre os tipos. O vão entre as ripas para todos os tipos é o mesmo e igual a 35 mm.

Os tipos de caixas possuem as mesmas dimensões internas de 285 mm de largura, 210 mm de altura e 445mm de comprimento resultante em volume útil de 0,38 m³. A área de abertura expressa em porcentagem da área total da lateral, extensão de aresta e peso médio para cada tipo de caixa, são mostrados na Tabela 1. Para a realização do experimento foram confeccionadas 18 caixas de madeira.

Os tomates contidos em cada caixa foram divididos em três grupos. O primeiro formado pelos tomates em contato com as laterais da caixa e, os outros dois grupos formados pelo restante dos tomates contidos na caixa, os situados na metade superior e na metade inferior resultando em 18 tratamentos. O tratamento testemunha diferenciou-se dos demais, pois não recebeu vibração. Foram realizados 3 repetições para cada tratamento. O arranjo experimental foi totalmente casualizado e as comparações de média foram realizadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando-se o pacote computacional estatístico SAS para as análises. Neste trabalho são analisados os tratamentos nos quais os tomates em contato com as laterais das cabeças de mesa vibratória, projetada e construída para essa finalidade, com mecanismo de barras tal que plataforma rígida da mesa apresentasse somente movimento na vertical com amplitude de movimento de 1 mm e variação de frequência de oscilação por meio da variação da rotação do motor elétrico (1,5 CV) realizada utilizando-se um inversor de frequência. Para a realização dos ensaios as caixas com tomates foram numeradas, para identificação do tipo e repetição, e colocados em cada uma 13 kg de tomates para os ensaios de vibração. As caixas foram amarradas à plataforma dispostas, aleatoriamente, em seis pilhas de três caixas cada uma. As caixas foram vibradas na frequência de 25 Hz por um período contínuo de 120 minutos. Isso representa submeter todo o sistema, caixas e produto, a aceleração média de 2,5 G ($G = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$) que são acima, tanto em intensidade como frequência, das encontradas durante o transporte em caminhões sobre pista pavimentada. Como o objetivo é comparar o nível de danos provocados pelas diferentes configurações das laterais das caixas, esse sistema apresenta vantagens, pois não exige a utilização de equipamentos mais sofisticados e conseqüentemente muito mais caros e por isso de acesso limitado. Para permitir que os danos se tornassem mais evidentes no produto, a primeira avaliação foi realizada 24 horas do término da vibração. As caixas foram retiradas da câmara

realizando-se a avaliação de danos mecânicos dos tomates em contato com as laterais. Os danos mecânicos foram avaliados segundo o tipo sendo classificados em *amassamento*, *abrasão* e *vinco*. O primeiro reflete principalmente a pressão entre o produto e a embalagem relacionando-se diretamente com a resistência do produto, a carga sobre ele (número de camadas) e o efeito viscoelástico. O resultado do amassamento devido ao contato da fruta com a lateral da caixa é uma deformação permanente localizada, caracteristicamente plana, contrastante com a superfície convexa da fruta, e sem ruptura da epiderme. A *abrasão* reflete diretamente o efeito do atrito entre produto e parede da caixa, isto é, o movimento relativo entre eles. No tomate se manifesta como pequenas saliências na região atritada conferindo uma certa rugosidade à superfície. A *abrasão* pode conduzir a ruptura da epiderme. O *vinco* representa o efeito da interação entre a aresta e o produto caracterizado por um rebaixo em forma de cunha. A interação com a aresta pode causar ruptura da epiderme. Cada um dos tipos de danos descrito teve sua intensidade classificada em pequena, média e grande segundo critérios fornecidos na Tabela 2. Registrou-se o tipo de dano para cada tomate em contato com as laterais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho na refrigeração

Na análise de variância dos tempos de resfriamento encontraram-se diferenças significativas entre tipos de caixa. Mas embora haja diferenças entre os modelos de caixas, o Teste de Tukey ($p < 0,05$) mostra que alguns modelos de caixas não possuem diferenças entre si (Tabela 3), como mostrado na tabela a seguir.

Apresentam-se nas Figuras 3, 4, 5 e 6 as curvas de resfriamento para os tipos de caixa estudados. Observa-se a tendência de que, na medida em que se aumenta a taxa de ar, e por consequência a velocidade, o tempo de resfriamento diminui. Outro fato a ser destacado é que, na medida que aumenta a vazão de ar o diferencial de temperatura entre a entrada e saída do ar da embalagem diminui. Para a taxa de 36 L/s / kg de produto, para a caixa A, a diferença no tempo de resfriamento, entre as camadas da entrada e da saída, foi de 17,6%, em média, sendo que para a taxa de ar de 9 L/s / kg de produto a diferença entre as camadas de entrada e saída foi de 44,6%. Estes valores representam uma diferença de 60% no tempo de resfriamento entre a entrada e saída da caixa.

Na figura 7 é mostrada a curva de ajuste, por regressão linear, para as três vazões de ar e os 6 modelos de embalagens, catalogados por área efetiva de abertura. Observa-se que na medida que a vazão de ar aumenta, a inclinação da curva diminui. Para a taxa de 9 L/s x kg de produto obteve-se o melhor ajuste e a maior inclinação da reta, pelo que é uma condição onde a influência da embalagem no tempo de resfriamento é maior, ou seja, nesta condição obtiveram-se os maiores tempos de resfriamento e a maior diferença entre as camadas da entrada e sa saída do ar da embalagem.

Desempenho quanto à proteção a solicitações mecânicas

O movimento dos tomates situados nas camadas superiores foi discreto com poucos frutos se acomodando em posições mais estáveis. Não foi observada rotação dos tomates durante os ensaios. O efeito geral do período de vibração foi acomodação dos tomates, não sendo observado nenhum esmagamento. A abertura entre as ripas foi adequada para esse tamanho de produto, não ocorrendo perda de frutos por 'escaparem' da caixa. Posições típicas dos tomates relativos a lateral das caixas durante o ensaio, evidenciam a aresta como grande causadora de danos. A Figura 8 ilustra alguns danos típicos encontrados 24 h após a vibração.

Para que esses resultados se tornassem mais visíveis e permitissem uma primeira análise, os valores médios dos danos de cada tipo de caixa, de 1 a 6, foram colocados no gráfico da Figura 9. Observa-se que os danos de *amassamento* crescem com a diminuição da extensão de aresta presente nos tipos de caixa e que os danos vinco, por sua vez, diminuem com a diminuição da extensão de aresta. Observou-se também que as ripas verticais presentes nos tipos de caixa 2, 4 e 6 não apresentaram interação com os tomates, possibilitando agrupar os valores obtidos para os 6 tipos de caixa em 3 grupos. O primeiro representa as caixas tipo 1 com maior extensão de aresta, 4860 mm no total para as duas laterais, que se reduzem para 3240 mm e 1820 mm para os tipos 2 e 3, respectivamente. O valor médio da porcentagem de danos associados a cada um dos tipos de caixa é mostrado na Figura 10. As tendências se mantêm porém são reforçadas pelo maior número de graus de liberdade oriundos do maior número de repetições.

Diante desse quadro, fica evidente que as arestas vivas devam ser evitadas. Sugere-se que, mesmo que não impeçam totalmente os danos, as arestas devem ser desbastadas produzindo um perfil mais arredondado. A avaliação dos danos segundo os critérios propostos se mostrou adequada para discriminar os efeitos das múltiplas interações dos tomates com os distintos tipos de embalagens propostos permitindo uma decisão objetiva sobre o desempenho dos mesmos.

CONCLUSÕES

As melhores caixas com relação ao comportamento térmico são as caixas 1 e 2, com 45,6% e 42,6% de área efetiva de abertura, com relação à área da lateral. Elas representam um compromisso entre o desempenho no resfriamento e o potencial de danos ao produto.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq – pelo suporte financeiro..

BIBLIOGRAFÍA

- Abrahão, R. F.; Mederos, B. T. Notas De Aula Da Disciplina Fa052 – Projeto e desenvolvimento de embalagens para produtos agrícolas. Faculdade de Engenharia Agrícola/Unicamp, 2004.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Embalagem de papelão ondulado – Determinação da resistência à compressão. São Paulo: Abnt, 1981. 5p. Nbr 6739.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Papelão ondulado – caixas e acessórios - classificação. São Paulo: ABNT, 1974. 29p. NBR 5980.
- BORDIN. M. R. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens, vol 10, n.º2 Abr, Maio, Junho de 1998.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Portaria N. 85 de 06 de Março De 2002.
- Castro, E. C. Utilização de recursos computacionais para o projeto otimizado de embalagens de produtos hortícolas adequadas a cadeia do frio. 2004. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- Castro, L. R.; Cortez, L. A. B.; Jorge, J. T. Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias ,mecânicas em tomates. Ciênc. Tecnol. Aliment., 2001, Vol.21, No.1, P.26-33.
- Cortez, L.A.B.; Castro, L.R.;Vigneault, C. Resfriamento de frutas e hortaliças, Brasília, p.231 - 272, 2002.

Cortez, L.A.B.; Honório, S. L.; Neves Filho, L. C.; Moretti, C. L. Resfriamento de frutas e hortaliças, Brasília, p.17 - 35, 2002.

Luengo, R.F.A.; Moita, A. W. Desenvolvimento de embalagem plástica para transporte e comercialização de pimentão. Brasília: Embrapa, 2000.

Vigneault, C.; Bordin, M. R.; Abrahão, R. F. Resfriamento de frutas e hortaliças, Brasília, p.95-119, 2002.

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Características das caixas de madeira

Tipo de caixa	Área lateral de abertura (%)	Extensão de Aresta (mm)	Peso Médio (g)
1	45,5	4860	2290
2	42,6	5280	2320
3	30,4	3240	2540
4	27,2	3520	2900
5	15,2	1820	2450
6	11,9	1960	2780

Tabela 2. Critério para avaliação da intensidade dos danos mecânicos.

	Amassamento	Abrasão	Vinco
Pequeno	Área < 500 mm ²	Área < 500 mm ²	Extensão < 10 mm
Médio	500 < Área < 2000 mm ²	500 < Área < 2000 mm ²	10 < Extensão < 20 mm
Grande	Área > 2000 mm ²	Área > 2000 mm ²	Extensão > 20 mm

Tabela 3. Comparação das medias do tempo de resfriamento para os vários tipos de caixa

Caixa	Área efetiva de abertura (%)	Tempo de meio resfriamento (min)
1	45,6	35,48 a*
2	42,6	38,90 b
3	30,4	39,16 b
4	27,2	39,31 b
5	15,2	42,90 c
6	11,9	44,85 d

* letras distintas representam diferenças significativas (Tukey, p<0,05)

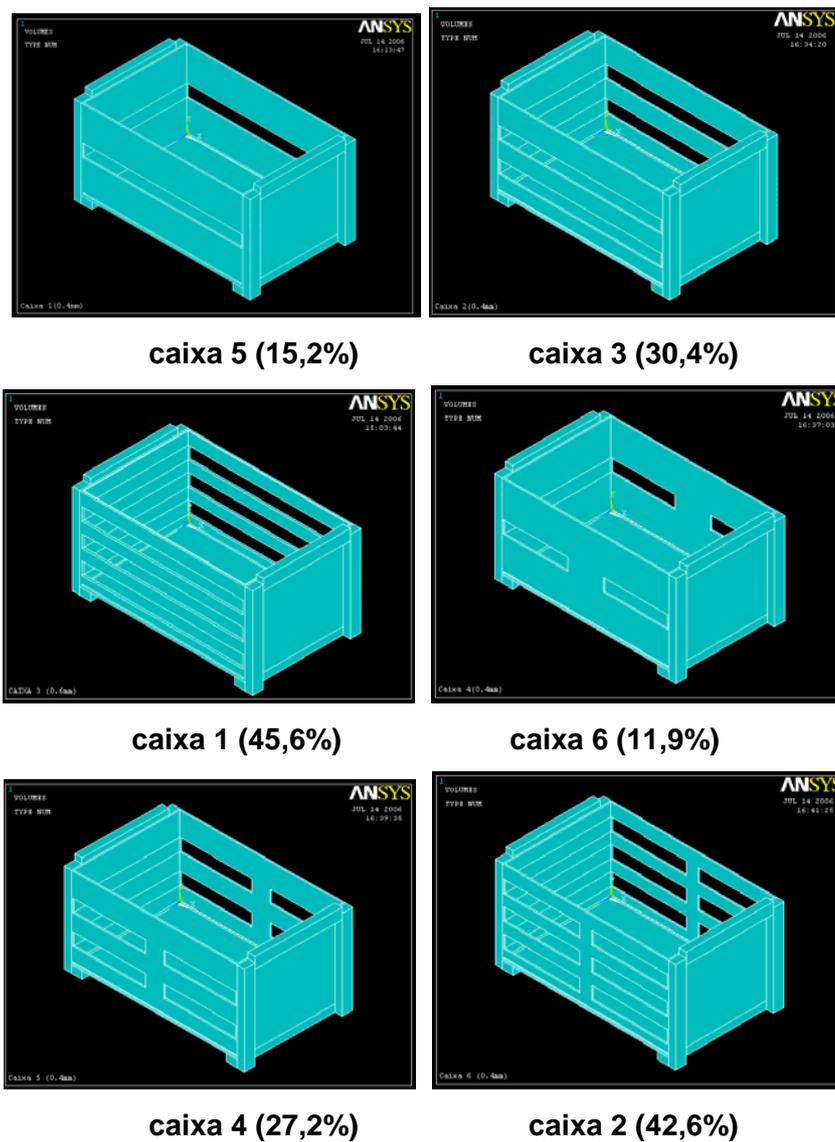


Figura 1. Caixas de madeira com diferentes áreas de abertura lateral..



Figura 2. Leito de 72 laranjas dispostas em arranjo quadrado. As setas indicam as laranjas nas quais os termopares foram inseridos.

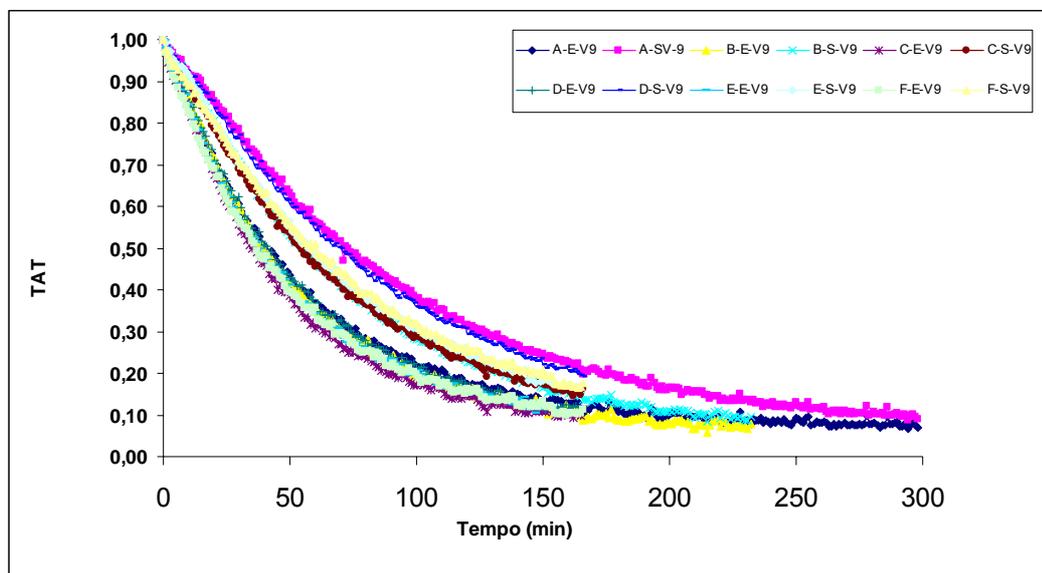


Figura 3. Curvas de resfriamento para a posição da entrada da caixa de todos os modelos de embalagens para taxa de ar de 9 L/s x kg de produto resfriado.]

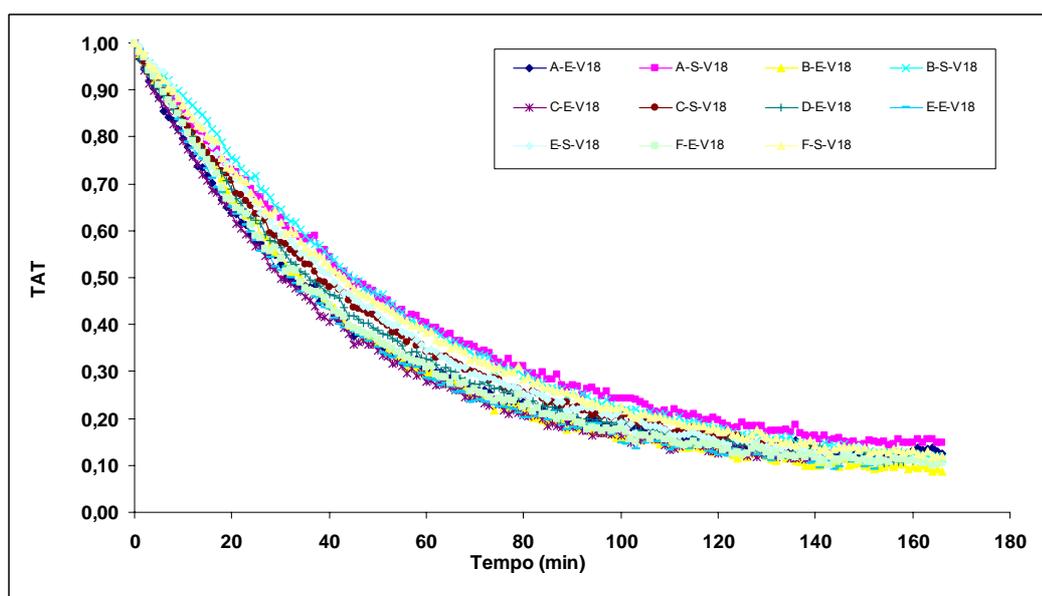


Figura 4. Curvas de resfriamento para a posição da entrada da caixa de todos os modelos de embalagens para taxa de ar de 18 L/s x kg de produto resfriado.

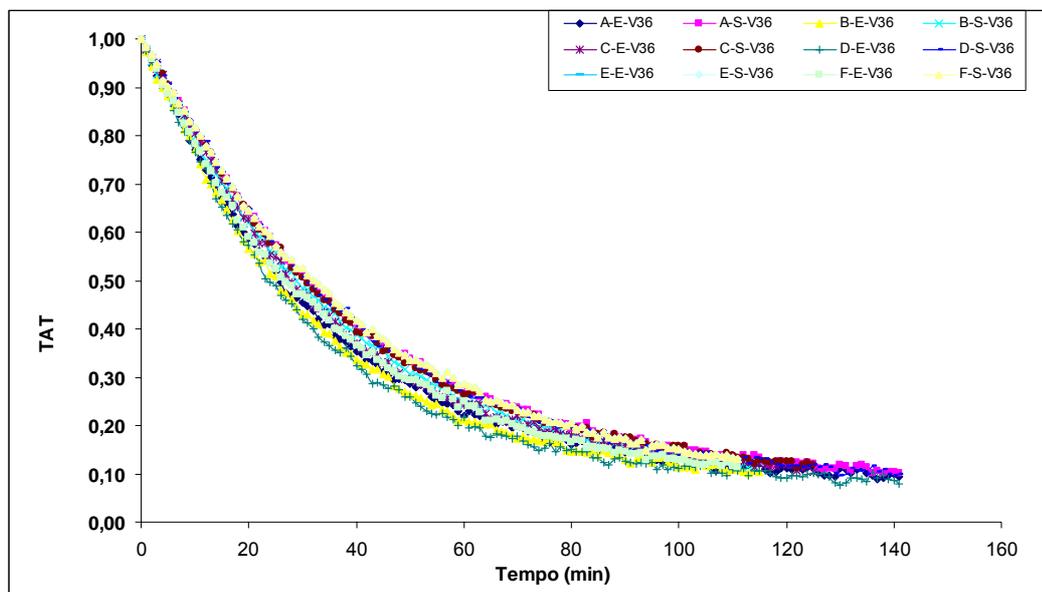


Figura 5. Curvas de resfriamento para a posição da entrada da caixa de todos os modelos de embalagens para taxa de ar de 36L/s x kg de produto resfriado.

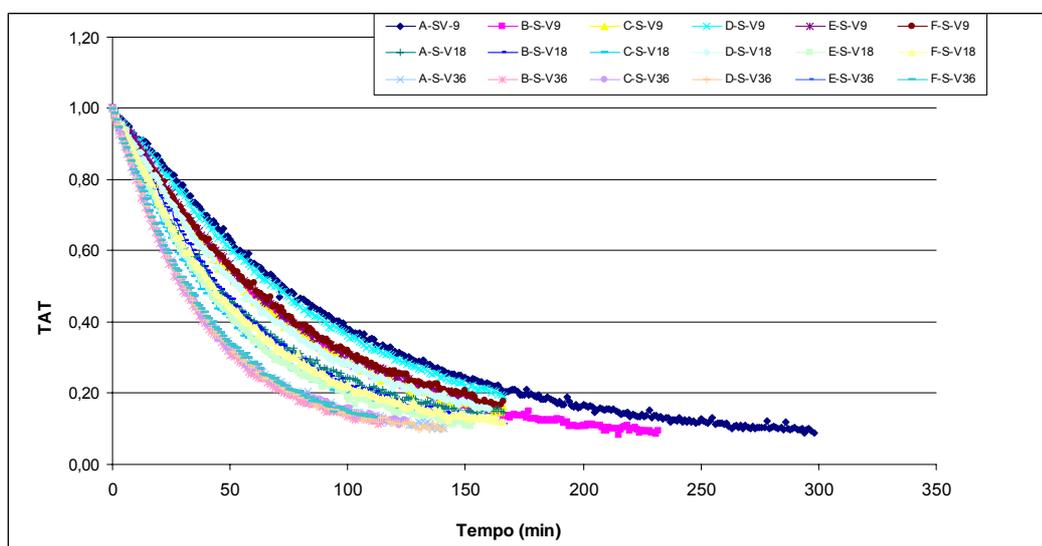


Figura 6. Curvas de resfriamento para a posição da entrada da caixa de todos os modelos de embalagens e com as três vazões de ar (9, 18 e 36 L/s / kg de produto resfriado).

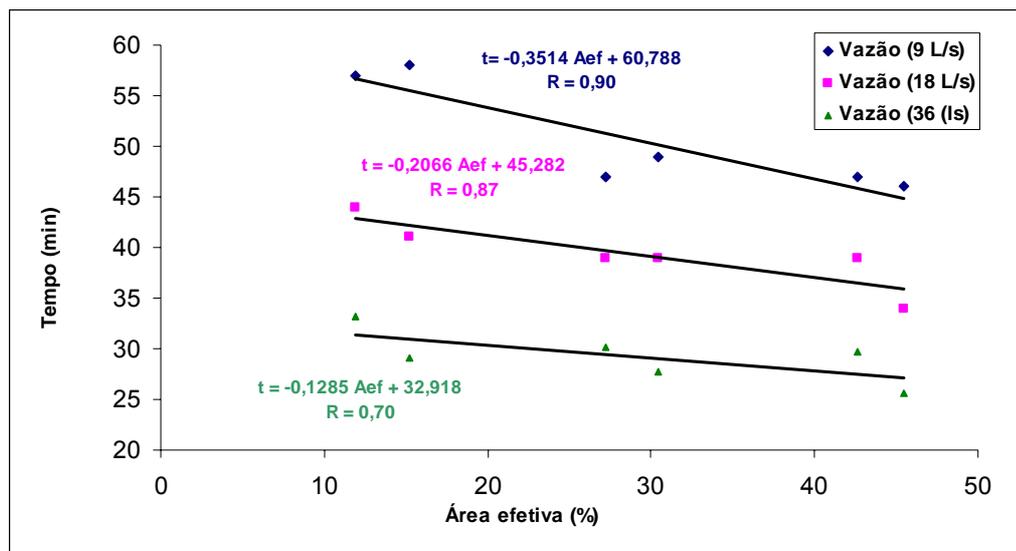


Figura 7. Comparação por regressão linear para as três taxas de ar.

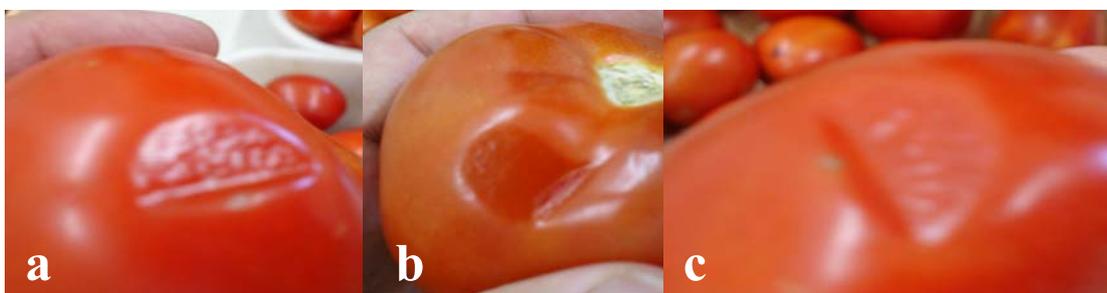


Figura 8. Exemplo de dano com amassamento, abrasão e vinco (a); vinco grande (b) e amassamento com vinco e abrasão (c).

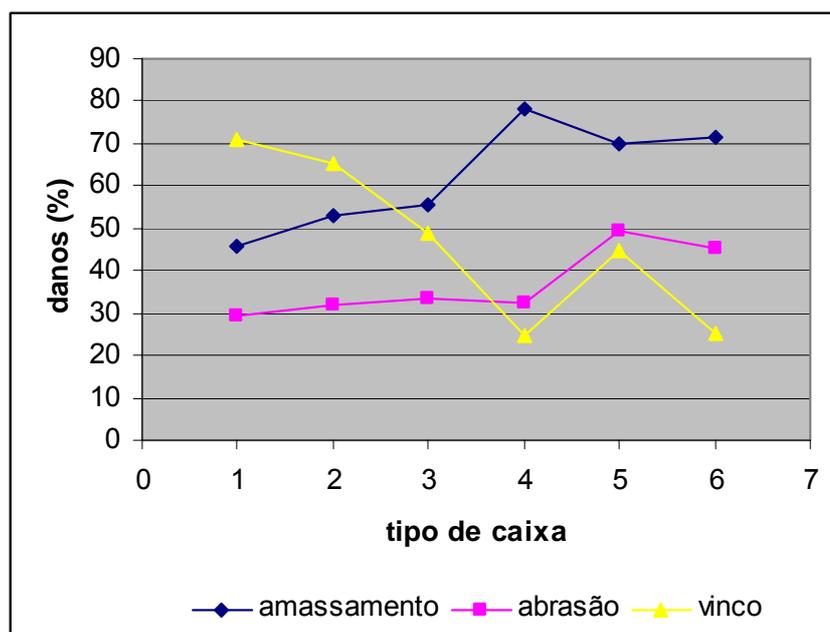


Figura 9. Valores médios de ocorrência de danos para cada tipo de caixa.

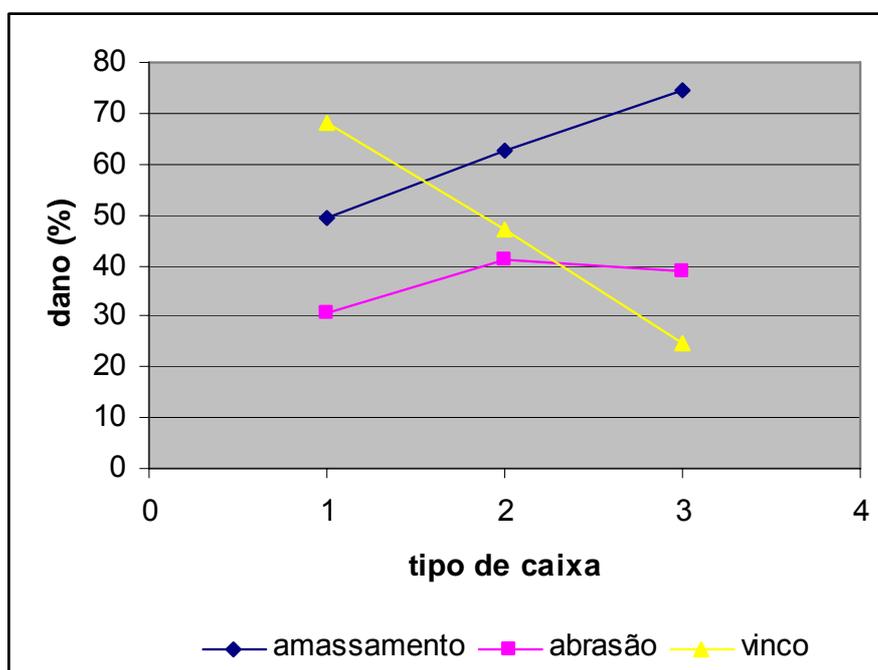


Figura 10. Valores médios da porcentagem de danos associado a cada um dos tipo de caixa agrupados em três tipos representativos.