

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

WESLEY FERREIRA MARTINS SUCUPIRA

TEMPO DE RESFRIAMENTO DO MAMÃO GOLDEN DURANTE AS
ETAPAS DE BENEFICIAMENTO E ARREFECIMENTO EM TÚNEL DE AR
FORÇADO

João Pessoa – PB

Agosto/ 2014

WESLEY FERREIRA MARTINS SUCUPIRA

TEMPO DE RESFRIAMENTO DO MAMÃO GOLDEN DURANTE AS
ETAPAS DE BENEFICIAMENTO E ARREFECIMENTO EM TÚNEL DE AR
FORÇADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Paraíba, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Tecnólogo de Alimentos, sob a
orientação da professora Dr^a. Carolina Lima Cavalcanti de
Albuquerque.

João Pessoa – PB

Agosto / 2014

S942t Sucupira, Wesley Ferreira Martins.

Tempo de resfriamento do mamão golden durante as etapas de beneficiamento e arrefecimento em túnel de ar forçado. [recurso eletrônico] / Wesley Ferreira Martins Sucupira. -- 2014.

60 p. : il. color. + CD.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Orientador: Dra. Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Tecnologia de Alimentos) – CTDR/UFPB.

1. Mamão. 2. Processo de beneficiamento. 3. Resfriamento. I. Albuquerque, Carolina Lima Cavalcanti de. II. Título.

CDU: 634.651-046.47

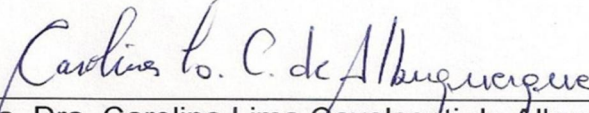
WESLEY FERREIRA MARTINS SUCUPIRA

**TEMPO DE RESFRIAMENTO DO MAMÃO GOLDEN
DURANTE AS ETAPAS DE BENEFICIAMENTO E
ARREFECIMENTO EM TÚNEL DE AR
FORÇADO**

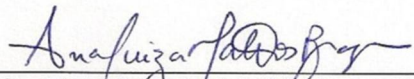
Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal da
Paraíba, como parte das exigências para
a obtenção do título de Tecnólogo de
Alimentos.

João Pessoa, 18 de Agosto de 2014.

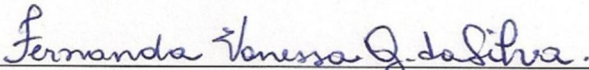
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque
DTA/CTDR/UFPB



Profa. Dra. Ana Luiza Mattos Braga
DTA/CTDR/UFPB



Profa. Dra. Fernanda Vanessa Gomes da Silva
DTA/CTDR/UFPB

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Raimundo Martins Sucupira,
Maria Ildete Ferreira Martins,
que me apoiaram sempre em todos momentos,
me dando força para que eu nunca desistisse,
dos meus objetivos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, a quem devo minha vida.

A minha família que sempre esteve comigo me incentivando nos estudos e nas decisões tomadas.

Agradeço a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especialmente:

A minha orientadora Professora Dr^a. Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque teve papel fundamental na elaboração deste trabalho.

A professora Fernanda Vanessa por estar desde o início do curso incentivando nós alunos a não desistir dos nossos objetivos.

Aos professores João Paulo e Nely pelas grandes pessoas que são e pelos ensinamentos ao longo do curso.

Aos professores Ismael e Graciele pela coragem de deixar suas vidas no sul para vir à tão longe nos contemplar com suas experiências, ensinamentos e carisma.

Aos demais professores que direta ou indiretamente me ajudaram no decorrer do curso.

Aos meus colegas pelo companheirismo e disponibilidade para me auxiliar em vários momentos.

A Eloisa que me ajudou nas aferições de temperatura no decorrer do processo, pois só não conseguiria.

E aos meninos da qualidade que me ajudaram direta ou indiretamente no decorrer dos experimentos.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estudar o tempo de resfriamento do mamão Golden durante as etapas de beneficiamento e arrefecimento em túnel de ar forçado. Neste estudo, foi avaliado o quanto de calor o mamão perde, tanto no beneficiamento, quanto no resfriamento em túnel de pré-resfriamento, a fim de se determinar o tempo ótimo de retirada do mamão deste túnel. Tendo em vista isto, o trabalho consistiu-se basicamente em duas etapas. A 1ª delas foi monitorar a queda de temperatura do mamão durante cada etapa do processo de beneficiamento. Para isso, 12 mamões de tamanho médio foram selecionados e monitorados durante todo o fluxograma do processo. A 2ª etapa foi monitorar a queda de temperatura em túnel de ar forçado comparando a posição de seis paletes no túnel e a posição das caixas nos paletes, para saber o comportamento da taxa de resfriamento do fruto. Com isto, durante a 1ª etapa a temperatura variou aproximadamente 0,30°C não sendo suficiente para diminuir a temperatura dos frutos de forma mais expressiva. Já durante os testes preliminares, que consistiu na 2ª etapa, observou-se que, para garantir que todos os mamões saiam do túnel na temperatura desejada de 14°C, é necessário que se tome como base a medida da temperatura do mamão localiza no palete dois (disposição X: DX-P2-M), nas alturas de 0,97 e 1,67 metros (α e β , respectivamente) e posição de caixas B e D.E o tempo ótimo para a retirada dos paletes do túnel foi de aproximadamente entre 9-10 horas de permanência.

Palavras-chave: mamão, ar forçado, tempo de resfriamento, refrigeração, pós-colheita.

ABSTRACT

The aim of this work was to study the cooling time Golden papaya during the improvement process and cooling forced air tunnel. In this study, we evaluated the heat as papaya loses, both in the improvement, as the cooling in pre-cooling tunnel, in order to determine the optimal time to remove the papaya this tunnel. In view of this, the work consisted basically of two steps. The 1st one was monitoring the temperature drop of papaya during every step of the milling process. For this, 12 medium sized papayas were selected and monitored throughout the process flow diagram. The 2nd step was to monitor the temperature drop in forced air tunnel comparing the position six pallets in the tunnel and the position of the boxes on pallets, to know the behavior of the cooling rate of the fruit. With this, during the 1st stage the temperature varied approximately 0.30 °C is not enough to lower the temperature of the fruits of more expressively. Already during the preliminary tests, which consisted of the 2nd stage, it was observed that, to ensure that all papayas out of the tunnel at the desired temperature of 14c, it is necessary to take based on the measured temperature of the papaya is located in two pallet (available X: DX-P2-M), the heights of 0.97 and 1.67 meters (α and β , respectively) and box B and D. and time great position to remove the pallets of the tunnel was approximately between 9-10 hours of stay.

Keywords: papaya, forced air, cooling time, cooling, post-harvest.

LISTA DE FIGURAS/ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema representando a queda de temperatura (ALMEIDA, 2005, Fonte: SESTARI; KLUG, 2008).....	22
Figura 2 – Fluxograma da cadeia produtiva de alimentos (Fonte: SANTOS; YOSHIDA, 2011)	27
Figura 3 - Exemplo de embalagem para uso em túnel de pré-resfriamento com aberturas que devem ser posicionadas perpendicularmente ao fluxo de ar.....	28
Figura 4 - Esquema de montagem do papelão ondulado. À direita: faces dupla, tripla e múltipla (SANTOS; YOSHIDA, 2011).....	29
Figura 5 - fluxograma do processo de beneficiamento do mamão no <i>packing house</i>	33
Figura 6– Classificação do mamão Golden quanto ao grau de maturação (Fonte: Empresa de beneficiamento)	34
Figura 7 – Identificação e monitoramento da temperatura da polpa do mamão durante o processo de beneficiamento.....	35
Figura 8 - Aferição da temperatura da polpa e superfície do mamão no túnel de pré-resfriamento.....	35
Figura 9 – Esquema do túnel de pré-resfriamento usado neste estudo e representação dos fatores analisados.....	35
Figura 10 – Posição dos mamões/caixas no palete.....	37
Figura 11 - Posição dos paletes no túnel, em relação ao evaporador: Início (I), Meio (M) e Final (F).....	37
Figura 12 – Disposição (D) dos paletes no túnel (DX e DY, respectivamente).....	37
Figura 13 - Parte da embalagem (Caixas C e D) que não recebe fluxo de ar direto nos mamões devido não ter abertura lateral.	37
Figura 14 – Alturas das caixas, nas disposições X e Y respectivamente: 167 cm (alfa- α : caixa de número 11), 97 cm (beta – β : caixa de número 6) e 27 cm (gama – γ : caixa de número 1).	37
Figura 15 - Temperatura média (°C) dos mamões em DX-P1 caixa A em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).	39
Figura 16 – Temperatura média (°C) dos mamões em DY-P4 caixa A em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).....	40
Figura 17 - Temperatura média (°C) dos mamões em DX-P1, caixas A, B, C e D, em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).	41

Figura 18 - Temperatura média (°C) dos mamões em DY-P4, caixas A, B, C e D, em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).	42
Figura 19 – Temperatura média (°C) dos mamões em todas as posições no palete (caixas A, B, C e D) em cada altura (α , β , γ).....	43
Figura 20 - Temperatura média (°C) dos mamões de todas as caixas (A, B, C e D) nas disposições DX e DY em cada altura: comparação da queda de temperatura entre paletes no início (P1 e P4), no meio (P2 e P5) e no final (P3 e P6) do túnel em função da disposição X e Y.....	44
Figura 21 – Temperatura média (°C) dos mamões em paletes na disposição DX e posições P1 (início), P2 (meio) e P3 (final), em cada altura.	45
Figura 22 – Esquema do túnel de pré-resfriamento: palete DX-P2-M usado nas medidas experimentais.....	45
Figura 23 – Temperatura média (°C) de mamões no palete DX-P2-M: caixas A, B, C e D e alturas α , β e γ	46
Figura 24 - Temperatura média (°C) de mamões no palete DX-P2-M: alturas α , β e γ , em cada caixa A, B, C e D.....	47
Figura 25 – Ponto frio em recipientes contendo alimentos sólidos (esquerda): centro geométrico do recipiente; e contendo alimentos fluidos (direita): 1/3 da altura do recipiente.	48
Figura 26 - Alturas das caixas: 167 cm (alfa- α : caixa de número 11), 97 cm (beta – β : caixa de número 6) e 27 cm (gama – γ : caixa de número 1).....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições de temperatura e umidade relativa para maior vida pós-colheita..	19
Tabela 2 - Grupos de frutas tropicais compatíveis e o efeito da temperatura na produção de etileno.....	19
Tabela 3 – Tabela de classificação do mamão em respeito à coloração da casca.....	34
Tabela 4 - Acompanhamento da queda de temperatura da polpa e superfície do mamão durante as etapas do processo.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1. Obetivo Geral.....	15
1.1.2. Objetivos específicos.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. PÓS-COLHEITA DO MAMÃO (<i>CARICA PAPAYA</i>)	16
2.2. IMPORTANCIA DO RESFRIAMENTO PÓS-COLHEITA	17
2.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA.....	18
2.4. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA SÍNTESE DE ETILENO	19
2.5. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA TRANSPIRAÇÃO	20
2.6. TAXA DE RESFRIAMENTO	21
2.7. TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO (MÉTODOS MAIS UTILIZADOS NO RESFRIAMENTO RÁPIDO – PRÉ-RESFRIAMENTO).....	24
2.7.1. Pré-resfriamento com ar forçado.....	24
2.7.2. Pré-resfriamento com água gelada.....	25
2.7.3. Pré-resfriamento no gelo	25
2.7.4. Pré-resfriamento a vácuo	26
2.8. EMBALAGENS	26
2.8.1. Como escolher a embalagem ideal?.....	26
2.8.2. Embalagem e gestão da temperatura.....	27
2.8.3. Embalagens de papelão ondulado	29
2.9. TRANSPORTE.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE BENEFICIAMENTO NO PACKING HOUSE.....	32
3.2. MEDIDAS DE TEMPERATURA DURANTE AS ETAPAS DE BENEFICIAMENTO E EM TÚNEL DE AR FORÇADO	35

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1. TESTES PRELIMINARES DE MEDIDA DE TEMPERATURA NO TÚNEL DE PRÉ-RESFRIAMENTO.....	38
4.2. TESTES EXPERIMENTAIS DE MEDIDA DE TEMPERATURA NO TÚNEL DE PRÉ-RESFRIAMENTO.....	44
4.2.1. DX-P2-M – queda da temperatura do mamão em função da altura e em função de cada posição de caixa no palete.....	46
5. CONCLUSÃO.....	50
DIFICULDADES ENCONTRADAS	51
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	52
APÊNDICE	55

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, por possuir uma extensa área territorial de 8.500.000 km², tem grande variação climática e seus microclimas possibilitam o cultivo econômico da maioria das fruteiras. Isto torna o país o terceiro produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e Índia, primeiro e segundo maiores produtores, respectivamente (NETO, 2012).

O Brasil é o primeiro produtor mundial de mamão, com uma produção anual de 1.650.000 t/ano, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu (EMBRAPA, 2014). Ele ocupa posição de destaque como produtor, respondendo por 25% da produção mundial de mamão (MARTINS, 2007). A Bahia é o maior produtor nacional de mamão, com participação de 46% do total produzido (BRASIL, 2008).

A espécie *Carica papaya* é o mamoeiro mais cultivado em todo mundo (EMBRAPA, 2014). As cultivares mais exploradas são 'Solo' (entre elas a Sunrise Solo também chamada de Havaí, e a Sunrise Golden) e 'Formosa'. As cultivares do grupo 'Solo' possuem um menor tamanho ($\approx 0,35$ a $0,70$ kg), são destinados para o mercado interno e, principalmente, para o mercado externo. As principais cultivares do grupo 'Formosa' produzem frutos de maior tamanho ($>1,0$ kg) que são destinados, principalmente, ao mercado interno (SERRANO; CATTANEO, 2010).

O mamão encontra-se entre as sete primeiras frutas da pauta de exportação brasileira de frutas “in natura”, mas a maioria da sua produção destina-se ao mercado interno, sendo que apenas cerca de 2% do volume produzido são exportados (MARTINS, 2007).

O fruto pode não amadurecer normalmente se colhido muito imaturo e, dependendo da cultivar, o mamão completa a maturação na planta de 4 a 6 meses após a abertura da flor. Para comercialização e consumo, deve-se colher os frutos quando apresentarem estrias ou faixas com 50% de coloração amarela (EMBRAPA, 2014).

O mamão apresenta vida pós-colheita relativamente curta e completa o seu amadurecimento em aproximadamente uma semana sob condição ambiente. No entanto, vários fatores de pré e pós-colheita podem reduzir sua vida de prateleira. Esses fatores podem manifestar-se nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e qualitativas nas diferentes fases da comercialização (COSTA; BALBINO, 2002). A maior parte das perdas ocorre devido ao inadequado manejo na colheita, à conservação inadequada, à falta de aplicação de adequadas tecnologias de refrigeração e da cadeia do frio, às

embalagens dimensionadas sem atender às exigências dos produtos, às operações de pós-colheita e à inadequada logística. (TERUEL, 2008).

Quando se trata de hortifrutícolas, a cadeia do frio costuma ser mais comum na comercialização para o mercado externo. Já quando o destino é o mercado doméstico, o mais comum é o uso de câmaras frigoríficas somente até o *packing house* principalmente para as frutas. Após a venda, compradores acabam armazenando as frutas em temperatura ambiente. Ou seja, a cadeia do frio é “quebrada” e, a vida útil do produto, reduzida (JULIÃO; TAPETTI; MELLO, 2011).

Portanto, o produtor deve gerenciar a cadeia produtiva, enfatizando os principais aspectos que interferem na qualidade do produto, como entregas mais rápidas, gerenciamento da cadeia de frio e o uso de embalagens melhoradas (NETO, et al., 2006).

É importante enfatizar que o pré-resfriamento é uma das práticas mais utilizadas para se reduzir de forma rápida o calor sofrido durante a colheita e o transporte. O calor do campo poderá deteriorar o fruto. Contudo, faz-se necessário resfriá-los o mais rapidamente possível após a colheita para remoção rápida do calor.

Neste trabalho, realizaram-se ensaios experimentais de medida de temperatura dos mamões, tipo Golden, tanto durante as etapas de beneficiamento, quanto durante sua permanência no túnel de pré-resfriamento, a fim de observar a velocidade de perda de calor do fruto. Com o monitoramento da queda de temperatura em túnel com ar forçado, foi possível observar o comportamento da taxa de resfriamento dos mamões, que estavam distribuídos em cinco caixas sobre o palete. Para isso, foram analisadas as influências, na queda de temperatura, do posicionamento das caixas no palete, da altura das caixas e da disposição dos paletes no túnel.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Diminuir o tempo de permanência do mamão Golden (*Carica papaya*) no túnel de resfriamento através do monitoramento da queda de temperatura da superfície e da polpa, durante o beneficiamento e resfriamento em túnel de ar forçado, ao longo do tempo até atingir temperatura desejada.

1.1.2. Objetivos específicos

- Monitorar a queda de temperatura do mamão (superfície e polpa) durante o processo de beneficiamento;
- Monitorar a queda de temperatura do mamão (superfície e polpa) dentro do túnel de resfriamento;
- Determinar o tempo ótimo de retirada do mamão do túnel de resfriamento;
- Determinar o layout ótimo dos paletes para menor tempo de resfriamento do mamão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PÓS-COLHEITA DO MAMÃO (*CARICA PAPAYA*)

O conhecimento da fisiologia dos frutos é necessário para melhor entender as transformações físicas, químicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem na pós-colheita e que tem relação direta com a vida útil e qualidades dos frutos (NETO, 2012).

As frutas, no final de seu período de crescimento, no amadurecimento, sofrem alterações qualitativas, incluindo amaciamento e alterações na pigmentação, no aroma e no sabor. Os processos de amadurecimento coincidem com o término do desenvolvimento da fruta, ou seja, quando ela atinge o ponto máximo de maturação tornando-se comestível, processo designado por maturidade horticultural ou comercial (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O mamão é um fruto que se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias ou semanas; sendo também extremamente sujeitos a perdas pós-colheita por injúrias mecânicas, patógenos ou por fatores abióticos. Esses fatores podem se manifestar nos frutos, isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas, qualitativas ou nutricionais nas diferentes fases da cadeia pós-colheita, ou seja, durante as etapas de tratamento, armazenamento, comercialização ou consumo. No entanto, estas perdas podem ser minimizadas com a adoção de práticas, na colheita e em pós-colheita, como o uso da termoterapia e do pré-resfriamento, com a aplicação de defensivos e de cera na superfície dos frutos, completando com acondicionamento adequado em embalagens apropriadas e armazenamento sob refrigeração. Essas práticas se tornam mais importantes, quanto mais distante for o transporte e mais exigente for o mercado consumidor em respeito à qualidade do produto final (NETO, 2012).

O conceito de qualidade de frutas e hortaliças envolve vários atributos. Aparência visual (frescor, cor, defeitos e deterioração), textura (firmeza, resistência e integridade do tecido), sabor e aroma, valor nutricional e segurança do alimento fazem parte do conjunto de atributos que definem a qualidade (NETO, 2012).

É importante salientar que a qualidade não pode ser melhorada após a colheita, apenas pode ser mantida. Conseqüentemente, o processo de deterioração não pode ser revertido, mas apenas prolongado, portanto é de suma importância colher os frutos, hortaliças e as flores em adequado tamanho e estágio de maturação que propiciem seu máximo de qualidade (SESTARI; KLUG, 2008).

De maneira geral, a extensão da vida de prateleira pode ser alcançada com a adoção de tecnologias adequadas, desde a colheita até a mesa do consumidor. A utilização do frio, ou seja, a redução da temperatura, de maneira compatível com o tipo de produto, representa o principal método de conservação de frutos e hortaliças. Atualmente existem vários métodos visando à conservação da qualidade, tais como a atmosfera modificada, a atmosfera controlada, radiação gama, ultravioleta, ozonização, dentre outras. Todavia, independente do método escolhido, é importante lembrar que nenhum deles substitui o efeito da temperatura, sendo assim complementos que devem ser utilizados sempre em associação à refrigeração. (SESTARI; KLUG, 2008).

Tecnologias de resfriamento rápido formam parte da cadeia do frio, definida como o conjunto de sistemas e equipamentos que garantem aos produtos se manterem em temperatura e umidade relativa recomendadas, desde a colheita até a comercialização. Compõem também a cadeia do frio, as câmaras de armazenamento refrigerado, o transporte frigorificado (terrestre, aéreo, marítimo ou ferroviário), as gôndolas, os balcões frigorificados e as geladeiras (TERUEL, 2008).

2.2. IMPORTÂNCIA DO RESFRIAMENTO PÓS-COLHEITA

Para manter a qualidade e evitar o calor, o produto deve ser colhido e removido do campo o mais rápido possível. Uma vez colhido, deverá ser protegido contra as condições adversas de tempo, como por exemplo, através do uso da própria sombra das árvores ou do uso de folhas. Os produtos devem ser resfriados o mais rapidamente possível após a colheita, para remoção rápida do calor do campo (CHITARRA; ALVES, 2001).

O resfriamento é fortemente afetado pela temperatura inicial, que depende do horário e condição do produto no momento da colheita, e pelo tempo de espera antes do pré-resfriamento. Muitas vezes, o produto é colhido pela manhã, mas se aquece no campo ou no galpão de embalagem no decorrer do dia (SESTARI; KLUG, 2008).

Para maçãs, o pré-resfriamento é uma operação importante no processo de conservação, devendo ser realizado logo após a colheita. Com o pré-resfriamento, a temperatura da polpa da fruta é baixada rapidamente, reduzindo assim o processo respiratório, a perda de água e, indiretamente, o desenvolvimento de podridões. Logo, o equipamento de refrigeração deverá ter condições de manter constante a temperatura do meio refrigerante. Se essa condição não for satisfeita, os frutos sairão do pré-resfriamento com uma temperatura acima da programada, havendo, portanto, uma demora maior para atingir a temperatura de armazenagem, ocorrendo um maior consumo de açúcares e ácidos acumulados durante o

desenvolvimento das maçãs. O tempo gasto para atingir a temperatura de armazenamento depende de fatores como capacidade de refrigeração, temperatura inicial das frutas, meio utilizado para retirar o calor (água ou ar), temperatura desse meio, contato entre o meio e o produto a ser resfriado e velocidade do produto ao passar pelo equipamento de resfriamento (BRACKMANN, et al., 2004).

2.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA

A respiração tem sido considerada o índice mais adequado para expressar a atividade fisiológica e também o potencial de armazenamento de perecíveis. A atividade respiratória varia de acordo com o vegetal; quanto mais intensa a respiração, maiores e mais rápidas são as mudanças que processam (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Após a colheita, a respiração passa a ser o principal processo fisiológico dos frutos, uma vez que eles não dependem mais da absorção de água e minerais pela raiz, nem da condução dos nutrientes pelo sistema vascular nem da atividade fotossintética da planta mãe. Sendo assim, a energia liberada pela respiração é utilizada pelos processos de síntese que ocorrem no amadurecimento. Como a temperatura está diretamente ligada à taxa de respiração, a mesma é o principal fator no amadurecimento (FREIRE, 2008).

A temperatura é o fator mais importante na conservação de frutas e hortaliças, uma vez que afeta diretamente os processos naturais de respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos dos produtos hortícolas. Quando o calor aumenta a velocidade respiratória também aumenta. Dentro da faixa de temperatura, de 0°C a 30°C, a cada 10°C de aumento da temperatura, a velocidade respiratória pode duplicar, triplicar, ou mesmo quadruplicar. Portanto, o calor acelera a respiração, provocando diminuição da matéria seca do produto e, conseqüentemente, degradação da qualidade de frutas e hortaliças, reduzindo sua vida útil ou de conservação (SESTARI; KLUG, 2008).

Existe uma temperatura ideal para a maturação de cada tipo de fruto, para que o mesmo alcance um máximo de qualidade comestível. Temperaturas inferiores ou superiores não são satisfatórias, podendo acarretar injúrias fisiológicas. A atividade respiratória é reduzida pelo uso de baixas temperaturas. Em frutos climatéricos, o abaixamento da temperatura retarda o pico climatérico e reduz sua intensidade, podendo o mesmo ser totalmente suprimido na taxa de temperatura próxima ao limite fisiológico de tolerância do fruto (CHITARRA; ALVES, 2001).

A temperatura ideal varia conforme o produto e alguns são incompatíveis, ou seja, não podem ser armazenados juntos em uma mesma câmara (JULIÃO; TAPETTI; MELLO, 2011).

Na Tabela 1, segue a relação de temperatura e umidade relativa para aumentar a vida pós-colheita de algumas frutas:

Tabela 1 - Condições de temperatura e umidade relativa para maior vida pós-colheita.

Produto	Vida útil (semanas)	Temperatura (°C)	UR (%)
Abacaxi verde	4 – 6	10	85 - 90
Banana	3 – 4	15	90 - 95
Goiaba	2 – 5	10	90
Maçã	30	3	90
Manga	3 – 4	8	85 - 90
Mamão	3 – 4	13	90 - 95

Fonte: SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008.

2.4. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA SÍNTESE DE ETILENO

A redução da temperatura tem a vantagem adicional de reduzir a produção e a sensibilidade ao etileno, o qual acelera o amadurecimento e a senescência. Assim, quanto mais rápido e mais prontamente o calor de campo é reduzido após a colheita, e consequentemente a temperatura, mais rapidamente estes processos deteriorativos são prolongados, propiciando desta forma manutenção da qualidade (SESTARI; KLUG, 2008).

Os efeitos do etileno sobre a respiração são bastante conhecidos. Este acelera a taxa respiratória o que pode ser prejudicial para os produtos armazenados. De um modo geral, a quantidade de etileno endógeno produzida pelos tecidos vegetais, aumenta automaticamente durante um estágio específico de crescimento, provocando a maturação, a senescência e muitas desordens fisiológicas nos tecidos (ASSIS, 1999). A Tabela 2 apresenta os efeitos da temperatura sobre a produção de etileno.

Tabela 2 - Grupos de frutas tropicais compatíveis e o efeito da temperatura na produção de etileno.

Grupos	Temperatura (°C) de armazenamento	Produção de etileno	Produtos
1	0-1,5	Baixa	Caju e coco seco
2	5-10	Moderada a alta	Abacate e goiaba
3	7-10	Altíssima	Maracujá
4	10-12	Baixa	Abacaxi e carambola
5	10 - 15	Moderada a alta	Banana, manga, Mamão e fruta do conde

Fonte: CHITARRA; CHITARRA, 2005

Segundo Almeida, 2005 no contexto da pós-colheita de produtos hortofrutícolas, os efeitos do etileno podem ser indesejáveis ou benéficos:

A presença de etileno no manuseio de produtos hortofrutícolas provoca normalmente uma redução da vida pós-colheita de todos os produtos. O efeito mais prejudicial do etileno é a aceleração do amadurecimento e da senescência, aumentando a velocidade de degradação da clorofila e o amolecimento de frutos. O etileno aumenta a susceptibilidade dos frutos a fungos, provoca ou agrava o desenvolvimento de acidentes fisiológicos em folhas e frutos (ALMEIDA, 2005).

Apesar dos efeitos indesejáveis citados, o etileno é benéfico quando utilizado comercialmente para: acelerar e uniformizar o amadurecimento de frutos climactéricos, uniformizar a cor em citrinos (*desverdeamento*). Usa-se nos frutos da produção primor, permitindo antecipar a colheita além de facilitar a colheita mecânica (abscisão), ou seja, os frutos ficarão mais suscetíveis à queda natural (ALMEIDA, 2005).

2.5. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NA TRANSPIRAÇÃO

A transpiração ocorre mesmo após a colheita, e nesta ocasião os prejuízos são muito grandes porque a água perdida não é mais repostada pela planta. A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores que afetam a taxa transpiratória. Temperaturas elevadas e baixa umidade relativa provocam aumento da transpiração, porque a velocidade de migração do vapor d'água depende da diferença de pressão de vapor de água entre o produto e o ambiente (ASSIS, 1999).

A transpiração é um processo biológico que ocorre nos tecidos vegetais e se dá pela perda de água através de cutículas, estômatos, lenticelas e ainda pela inserção do pedúnculo. (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O teor de água na maioria dos frutos e hortaliças é variável entre 80 e 95%, parte da qual é perdida através da evaporação (ALMEIDA, 2005). Durante o tempo em que as frutas e hortaliças estão ligadas à planta, há reposição de água normalmente. No entanto, após a colheita, a transpiração continua ocorrendo porém não há reposição de água perdida. Logo, a perda de água leva a antecipação da maturação e da senescência, bem como ao comprometimento da qualidade do produto devido à perda de peso que pode chegar a 10% do peso inicial (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A transpiração é influenciada por fatores inerentes ao produto, tais como características morfológicas e anatômicas, grau de maturação, danos físicos e/ou mecânicos, bem como por fatores ambientais como temperatura e umidade relativa. A queda de temperatura ambiente provoca diminuição da transpiração, enquanto um aumento intensifica a perda de peso do produto, pois facilita a perda de água na forma de vapor. Logo para melhor controle da transpiração em frutas e hortaliças, deve-se proceder ao seu rápido resfriamento,

de preferência no campo, para que o produto possa ser conservado por um período mais longo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O déficit de pressão de vapor está relacionado com a umidade relativa do ar. A uma determinada temperatura o ar pode conter vapor de água até que a umidade relativa atinja 100%. Quanto menor for a umidade relativa, maior é a capacidade do ar de extrair água dos produtos (ALMEIDA, 2005).

O aumento da umidade relativa do ar faz com que a diferença entre a pressão de vapor de água no interior do produto e o ambiente seja reduzida, reduzindo também a taxa de transpiração. Em vista disso, para maior controle de perda de água em frutas e hortaliças, aconselha-se manter os produtos em alta umidade relativa do ar e com pequenas variações de temperatura. Armazená-los em atmosfera controlada e modificada também reduz a perda de água (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.6. TAXA DE RESFRIAMENTO

Os fatores que determinam a taxa de pré-resfriamento são: temperatura inicial e final do produto, temperatura e umidades do meio refrigerante; acessibilidade do produtor ao meio refrigerante; tamanho, forma e área específica do produto; propriedades térmicas das frutas, como calor específico, condutividade térmica e resistência da superfície à transferência de calor, e volume e velocidade do meio refrigerante (SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008).

Em qualquer processo de pré-resfriamento a determinação do tempo necessário para o resfriamento completo que, em geral, corresponde ao tempo requerido para atingir a temperatura desejada antes de transferir o produto à estocagem ou ao transporte, representa uma grande preocupação. Assim, para quantificar o processo de resfriamento, tanto em termos de tempo quanto de temperatura, são empregados diversos parâmetros, dentre os quais os mais comuns são o tempo de meio (1/2) resfriamento e o tempo de sete-oitavos (7/8) de resfriamento (SESTARI; KLUG, 2008).

O meio-tempo de resfriamento ($t_{1/2}$) é o tempo necessário para reduzir a diferença de temperatura entre o produto e o meio refrigerante pela metade. O $t_{1/2}$ permanece constante durante o período de resfriamento (em teoria) e é independente da temperatura inicial (em teoria). O meio-tempo de resfriamento não depende do diferencial de temperatura e por isso, em teoria, permanece constante ao longo do período de resfriamento (ALMEIDA, 2005). De maneira prática, se uma carga de pêssegos em uma câmara com ar de 0°C leva quatro horas para ser resfriada, de 20°C até 10°C (tempo de meio resfriamento), levará outras quatro horas

para diminuir de 10°C a 5°C, mais quatro horas para diminuir de 5°C a 2,5°C, e assim por diante (SESTARI; KLUG, 2008).

A velocidade de resfriamento parece diminuir enquanto se dá o processo, visto que essa redução ocorre de forma inversa e logarítmica, isto é, há uma queda acentuada da temperatura inicial até a metade dessa diferença e bem menos acentuada à medida que a temperatura do produto se aproxima da temperatura do meio de refrigeração **Figura 1**. Uma vez conhecido o tempo de meio resfriamento de um sistema, pode-se estimar o efeito das variáveis nas temperaturas do produto e do meio de resfriamento, e no tempo necessário para atingir certa temperatura do produto (SESTARI; KLUG, 2008).

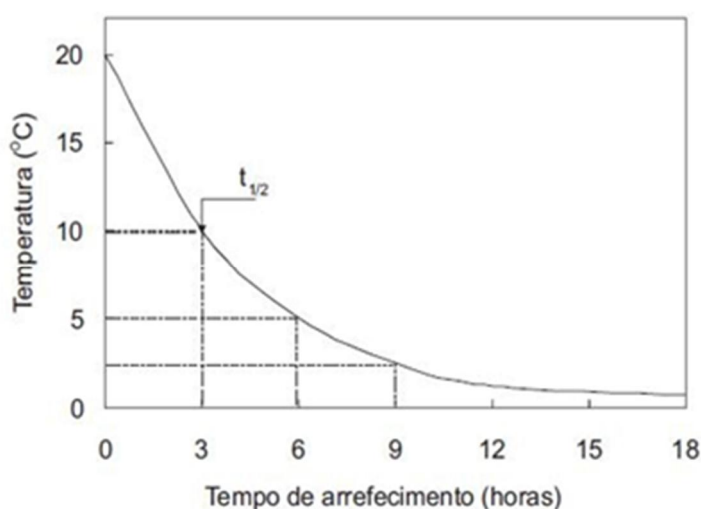


Figura 1 – Esquema representando a queda de temperatura (ALMEIDA, 2005, Fonte: SESTARI; KLUG, 2008)

O tempo de sete-oitavos do resfriamento é um parâmetro muito usado comercialmente para monitorar a temperatura de resfriamento, já que, quando o produto atinge a temperatura equivalente há este tempo, estará muito próximo da temperatura de armazenamento recomendada e a diferença de temperatura ou calor ainda restante, será eliminada gradualmente, com menor custo nas câmaras de armazenamento (TERUEL, 2008). Quando a taxa de resfriamento assume valores pequenos, a diferença de temperatura entre a polpa e a superfície de frutas e hortaliças pode ser significativa. Em frutas e hortaliças com grande relação área-volume, como melão e melancia, o gradiente de temperatura pode ser significativo, sendo mais eficiente o processo de resfriamento se submetidas a uma corrente de ar com maior velocidade, embalagens com área efetiva de aberturas ou resfriamento com água gelada (TERUEL, 2008).

Com frequência, utiliza-se o termo de sete-oitavos de resfriamento (equivalente a três “tempos de meio resfriamento”, no exemplo anterior valendo 12 horas) como um ponto de

referência. O ponto de sete oitavos de resfriamento poderia ser definido como o tempo necessário para resfriar o produto sete-oitavos da diferença entre a temperatura inicial e a temperatura média do meio de resfriamento. O tempo de sete-oitavos de resfriamento é de uso mais prático nas operações comerciais de resfriamento, porque a temperatura do produto no tempo de sete-oitavos de resfriamento é aceitavelmente próxima à temperatura necessária no armazenamento ou transporte, e é igual a três tempos de meio resfriamento. O produto pode então ser armazenado, onde um-oitavo de calor restante pode ser gradualmente removido com menos custo de energia (SESTARI; KLUG, 2008).

Os parâmetros tempo de meio resfriamento ou tempo de sete-oitavos de resfriamento são fortemente influenciados pelo produto resfriado, pelo método de resfriamento empregado, pelo tipo de embalagem e por outras condições de operação. O tempo de meio resfriamento é função do coeficiente de resfriamento, que pode ser estimado em qualquer tempo (t) a partir da relação entre temperaturas (Y) como descrito na Equação 1 (ASHRAE, 1998 apud SESTARI; KLUG, 2008):

$$y = \frac{T_t - T_0}{T_i - T_0} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde **T** corresponde a temperatura do produto em qualquer tempo **t** do tempo de resfriamento; T_i designa a temperatura inicial do produto e T_0 é a temperatura do meio de resfriamento utilizado.

O coeficiente de resfriamento expressa a mudança de temperatura do produto pela mudança unitária do tempo de resfriamento para cada grau de diferença de temperatura entre o produto e o meio circundante (SESTARI; KLUG, 2008).

Além da relação entre temperaturas, para a determinação dos tempos de meio ou de sete-oitavos de resfriamento, tem grande influencia o coeficiente de transferência de calor de um corpo. Isto porque este consiste na medida de intensidade do transporte entre a superfície e o meio, ou melhor, numericamente, o coeficiente de transferência de calor (**h**) corresponde à quantidade de calor emitido ou absorvido por uma unidade de área em uma unidade de tempo e pode ser obtido por meio da Equação 2 (MOREIRA, 1999 apud SESTARI; KLUG, 2008):

$$h = \frac{k - N_u}{d} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde Nu refere-se ao número de Nusselt, k corresponde à condutibilidade térmica do produto e d equivale a seu diâmetro. Dessa forma o valor de h depende da taxa volumétrica do fluxo de ar e das características físicas do produto.

2.7. TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO (MÉTODOS MAIS UTILIZADOS NO RESFRIAMENTO RÁPIDO – PRÉ - RESFRIAMENTO)

O abaixamento da temperatura da matéria-prima deve ser feito imediatamente após a colheita do vegetal. Algumas horas de atraso na colheita poderão ocasionar perdas na conservação do produto. Isto é particularmente importante em vegetais que estejam num metabolismo ativo, podendo haver liberação de energia por causa da respiração e, assim, transformação de um produto metabólico em outro (GAVA, 1998).

Há uma variedade de técnicas de pré-resfriamento disponíveis para o uso na produção hortícola. Os principais métodos de pré-resfriamento para produtos perecíveis incluem pré-resfriamento por ar forçado, com água gelada, por gelo e a vácuo, com muitas alterações e variações entre essas técnicas. Enquanto alguns produtos podem ser pré-resfriados por qualquer um desses métodos sem sofrer qualquer perda de qualidade, outros podem ser afetados adversamente dependendo do método utilizado (SESTARI; KLUG, 2008).

2.7.1. Pré-resfriamento com ar forçado

O pré-resfriamento através do ar forçado foi desenvolvido para produtos que necessitam de uma remoção rápida do calor de campo imediatamente após a colheita. Este é uma modificação do pré-resfriamento em câmara, e consiste em dispor as pilhas de caixas (paletes) na qual há um ventilador. O ventilador trabalha como exaustor provocando um fluxo de ar forçado através do volume de caixas, criando assim uma “pressão negativa” (SESTARI; KLUG, 2008).

Neste método há a passagem de um fluxo de ar frio diretamente sobre o produto. Neste caso, o volume de ar determinará a velocidade do pré-resfriamento. Geralmente o tempo consumido no processo é de 1/4 a 1/10 do tempo exigido, quando se utilizam câmaras refrigeradas. Para evitar que o fluxo contínuo de ar provoque perda significativa de peso no produto o ambiente deve sempre permanecer saturado com água (SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008).

Dependendo do produto e da capacidade do forçado de ar, o método é quatro a dez vezes mais rápido que o resfriamento na câmara. Entretanto, mesmo assim, ele leva o dobro

do tempo ou mais para resfriar os produtos quando comparado à água gelada ou a vácuo (SESTARI; KLUG, 2008).

2.7.2. Pré-resfriamento com água gelada

Este processo utiliza a água fria em movimento e em contato com o produto. Não ocorre remoção de água do produto e, em alguns casos, pode haver restabelecimento dos tecidos ligeiramente afetados pela ausência de água. Para garantir a eficiência do método é recomendável que a água esorra sobre a maior superfície do produto e seja tão fria quanto possível, sem danificar o produto (SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008).

O resfriamento com água, quando convenientemente aplicado, é o método mais efetivo para remoção do calor de campo. Frequentemente, porém, a água utilizada não é suficientemente fria ou não flui com a rapidez suficiente. Ocorre também que o fruto às vezes não permanece o tempo suficiente no pré-resfriamento. A simples colocação em tanque com água fria não é suficiente para produzir o efeito desejado de resfriamento rápido. Deve-se utilizar água corrente para a lavagem, pois caso contrário, ela se torna facilmente poluída e em curto período de tempo desenvolve altas concentrações de esporos fúngicos, os quais podem posteriormente contaminar os frutos injuriados ou mesmo sãos (NETO, 2012).

O pré-resfriamento com água também pode ser feito por imersão, mas apresenta menos eficiência do que por aspersão, devido à dificuldade em manter um movimento adequado da água e do produto. A principal limitação da aspersão é que a altura da queda da água pode causar danos, principalmente no caso de hortaliças folhosas (SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008).

2.7.3. Pré-resfriamento no gelo

A utilização de gelo para resfriar produtos alimentares é um método antigo, mas ainda largamente utilizado. O resfriamento obtém-se por transferência do calor do produto para o gelo, provocando a sua fusão, sendo, que a medida enquanto o gelo derrete. O resfriamento por gelo é eficaz na remoção do calor sensível, confere aos produtos nas embalagens um aspecto fresco e contribui para manter uma umidade relativa elevada e reduzir as perdas de água. As embalagens devem ser de cartão encerado, plástico ou madeira, para resistirem à água (ALMEIDA, 2005).

Como as caixas de papelão ondulado vêm substituindo as caixas de madeira, o uso deste método tem diminuído. Caixas de papelão ondulado enceradas têm permitido o uso do gelo; entretanto o gelo está sendo substituído pelo resfriamento com água gelada e resfriamento a vácuo. Contudo, ao contrário de outros métodos de resfriamento, o gelo não

somente remove o calor rapidamente quando aplicado, mas continua a absorver calor enquanto derrete (SESTARI; KLUG, 2008). Algumas formas de aplicação de gelo em produtos são:

Embalagem em gelo: este método limita-se aos produtos que requerem um resfriamento rápido e toleram o contato direto com o gelo. Suas principais limitações são o alto custo das embalagens à prova d'água para o transporte e a redução do peso líquido do produto por embalagem (ALMEIDA, 2005).

Cobertura de gelo: usualmente utilizado para suplementar a refrigeração mecânica dos veículos de transporte, este método consiste em colocar uma camada de gelo finamente moído sobre a carga (ALMEIDA, 2005). O método é econômico, mas o arrefecimento é pouco eficaz, pois o gelo só contata com a camada superior do produto. Pode ser aplicado em produtos previamente arrefecidos por outro método (SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008).

2.7.4. Pré-resfriamento a vácuo

O pré-resfriamento a vácuo consiste no uso de uma câmara de aço, ou autoclave, hermeticamente fechada. Baseia-se no princípio segundo o qual, em pressões reduzidas, a temperatura do ponto de ebulição da água diminui. A energia necessária à evaporação da água é retirada do produto, fazendo com que ele esfrie. As vantagens deste método estão relacionadas à velocidade e uniformidade do pré-resfriamento. Entretanto, é recomendada para produtos que apresentam grande relação entre a superfície e a massa (alface, couve ou similares). Para minimizar ou mesmo eliminar o problema da perda de peso, recomenda-se o umedecimento do produto antes ou durante o processo de pré-resfriamento (SILVA; FINGER; CORRÊA, 2008).

2.8. EMBALAGENS

2.8.1. Como escolher a embalagem ideal?

A tecnologia de alimentos busca diferentes processos de conservação (calor, frio, fermentação e outros) que podem ser aplicados nos alimentos visando aumentar a vida de prateleira. Mas, para chegar ao consumidor com a mesma qualidade, é importante acondicioná-lo adequadamente em uma embalagem. E como selecionar o melhor material para acondicionar produtos alimentícios? (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

A seleção de um material de embalagem depende do conhecimento das principais reações que podem ocorrer no produto alimentício. Para cada tipo de alimento existe uma série de alterações possíveis ao longo de sua vida de prateleira. Assim, é importante conhecer

o tipo de produto, as influências e as interações da embalagem com o produto. Essas interações podem prever as alterações químicas, físicas e microbiológicas do produto alimentício. A estabilidade de alimentos está diretamente relacionada com os seus fatores intrínsecos, ou seja, características próprias (pH, acidez, umidade, atividade de água) e os fatores extrínsecos (interferências do ambiente, como temperatura, composição gasosa, presença de luz, microrganismos, insetos, roedores) (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

A embalagem tem um papel muito importante, não só como responsável pela proteção, transporte e comercialização dos produtos (**Figura 2**), como também no processo de transferência de calor entre produto e meio de resfriamento. A área efetiva para a ventilação e, como consequência, para a efetiva troca de calor, deve ser considerada desde a etapa de projeto da embalagem (TERUEL, 2008).



Figura 2 – Fluxograma da cadeia produtiva de alimentos (Fonte: SANTOS; YOSHIDA, 2011)

A embalagem, nas suas mais diversas formas, está onipresente no manuseamento dos produtos hortifrutícolas. Os produtos hortifrutícolas embalados podem ser manuseados mais convenientemente do que as unidades individuais, manuseadas a granel (ALMEIDA, 2005).

No contexto do manuseamento pós-colheita, as duas principais funções técnicas da embalagem são (ALMEIDA, 2005):

1. Unitização: reunir os produtos em unidades convenientes para o manuseamento;
2. Proteção: proteger os produtos durante o transporte, armazenamento e comercialização.

2.8.2. Embalagem e gestão da temperatura.

A distribuição do produto e das embalagens deve ser de tal modo que o ar frio seja forçado através do produto e das embalagens individuais, ao invés de passar ao redor destes, atingindo uma parte substancial da superfície do produto. É primordial que existam aberturas

nas embalagens as quais devem estar dispostas na direção de movimentação de ar frio sem prejudicar a livre movimentação do ar através da embalagem. Nestas condições, um diferencial de pressão relativamente pequeno entre os dois lados da embalagem permite boa movimentação do ar e excelente transferência de calor (SESTARI; KLUG, 2008).

A embalagem deve ser compatível com o sistema de resfriamento rápido (pré-resfriamento) utilizado. Embalagens para produtos que vão ser resfriados por ar forçado devem ter aberturas de pelo menos 5% da superfície das faces perpendiculares ao fluxo do ar (**Figura 3**). A natureza do produto e o tipo de manuseamento pós-colheita têm de ser levado em consideração na concepção ou escolha de uma embalagem (ALMEIDA, 2005).

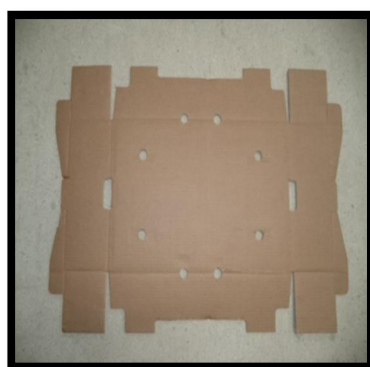


Figura 3 - Exemplo de embalagem para uso em túnel de pré-resfriamento com aberturas que devem ser posicionadas perpendicularmente ao fluxo de ar.

O calor produzido pela respiração deve ser dissipado. No caso de produtos de pequeno tamanho ou densamente acondicionados (e.g. feijão-verde, espinafre) o calor produzido pela respiração transfere-se, em larga medida por condução, para a superfície da embalagem. Nestes casos, o volume da embalagem, ou melhor, a distância máxima entre o centro e a superfície da caixa é um aspecto essencial. À distância depende da taxa de respiração do produto embalado. Se a distância for excessiva, o centro da embalagem sofre um aquecimento devido à lenta dissipação do calor. No caso de produtos com taxas de respiração elevadas, o aquecimento excessivo pode ser um problema. Para evitar esta situação, devem-se utilizar embalagens menores ou proporcionar boa ventilação a embalagens maiores ou a embalagens empilhadas ou paletizadas (ALMEIDA, 2005).

No formato, tamanho e disposição das aberturas presentes nas embalagens, interferem na perda de carga. Poucos orifícios grandes são mais eficazes do que muitos orifícios pequenos. Ainda, orifícios grandes permitem um alinhamento parcial das aberturas das caixas, mesmo quando estas não se encontram alinhadas corretamente. Contudo, aberturas largas podem ser bloqueadas mais facilmente pelo produto se comparados aos orifícios estreitos.

Dentro deste contexto, quanto maior a entrada disponível para a entrada do ar de resfriamento na embalagem, menor será a energia necessária para o funcionamento do sistema de refrigeração (SESTARI; KLUG, 2008).

2.8.3. Embalagens de papelão ondulado

Devido às suas propriedades intrínsecas, o papelão ondulado é parte integrante da moderna sociedade de consumo e está presente no cotidiano de todos os consumidores do mundo. Sua engenhosa combinação de “capa” e “miolo” proporciona um material leve, resistente e versátil, com ampla utilização na produção de embalagens para os mais variados tipos de produtos, facilitando o transporte, a armazenagem e a exposição no ponto de venda.

O papelão ondulado é um material 100% reciclável e 100% produzido a partir de fontes de matérias-primas renováveis. É amigo da natureza e sustentável de ponta a ponta. A competitividade e a excelente relação custo x benefício tornam o papelão ondulado o material mais utilizado para a fabricação de embalagens, sendo responsável pelo transporte e proteção de aproximadamente 75% dos produtos embalados no mundo todo (ABPO, 2014). A Figura 4 mostra o esquema de montagem da embalagem de papelão ondulado:

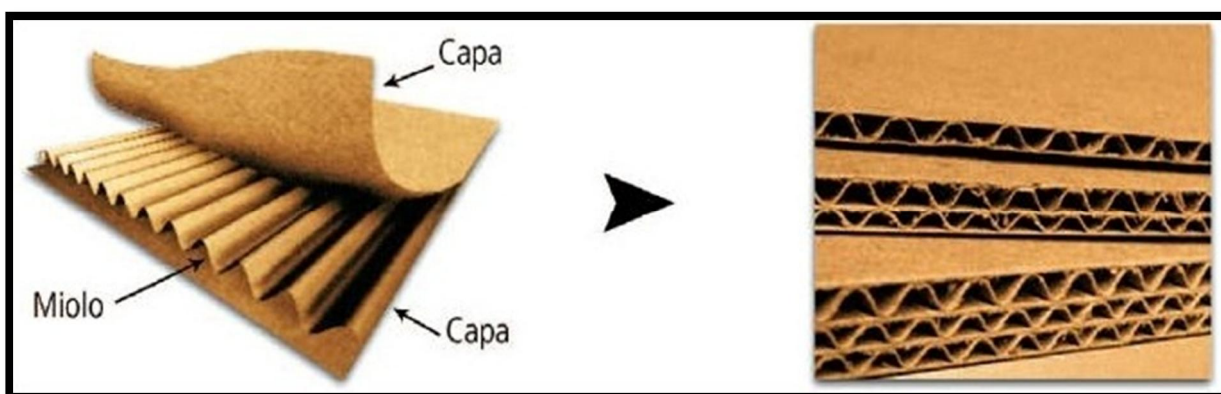


Figura 4 - Esquema de montagem do papelão ondulado. À direita: faces dupla, tripla e múltipla (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

Apesar de outras embalagens apresentarem melhores propriedades de barreiras a gases e umidade, as embalagens de papelão são uma das mais empregadas no setor alimentício, devido ao seu baixo custo, facilidade de fabricação e montagem e por sua versatilidade em tamanho e estilo. As vantagens das embalagens de papelão são: baixo peso, amortecedor de choques, baixo custo, reciclagem, facilidade de impressão, manuseio, aplicação de adesivos (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

Segundo BRASIL (2002), considera-se a necessidade de regulamentar o acondicionamento, manuseio e comercialização dos produtos hortícolas “in natura” em

embalagens próprias para a comercialização, visando à proteção, conservação e integridade dos mesmos.

2.9. TRANSPORTE

Deve-se evitar a exposição das frutas colhidas ao sol transportando-as o mais rápido possível para a central de embalagem, procurando não transportar meia carga para evitar que a fruta fique solta e ocorram batidas. Quando o transporte é realizado a longas distâncias, deve-se cobrir com lona clara ou fazer uso de caminhões frigoríficos. O veículo de transporte deve ser conduzido em uma velocidade baixa, com amortecedores e suspensão em boas condições e pneus com pressão reduzida para evitar vibrações. As estradas internas dos pomares devem ser aplainadas antes do início da colheita pela retirada das pedras (GIRARD; NACHTIGALL; PARUSSOLO, 2004).

O transporte do produto deve buscar manter a sua qualidade após a classificação. Condições de transporte inadequadas, sem a manutenção da cadeia do frio prejudicam a qualidade do produto final (FERREIRA, 2008).

Na cadeia do frio, devem ser analisados não somente aspectos da refrigeração do produto na câmara, mas todos os elos, como o pré-resfriamento do produto, embalagens adequadas e transporte frigorificado. Ou seja, o produto deveria ser mantido na temperatura adequada desde a saída do campo até a mesa do consumidor.

Boa parte do transporte e da comercialização ao varejo nacional é feita sem refrigeração. Como exemplo tem-se, a maçã que é armazenada a aproximadamente 0°C, mas pode ser comercializada a temperaturas ambientes de 30°C (supermercados e feiras livres). Isto diminui a quase metade da sua vida de prateleira. Se a cadeia de frio fosse integrada, o tempo de prateleira da maçã seria de 30 dias depois de ter saído do *packing house*. (JULIÃO; TAPETTI; MELLO, 2011). Quando esta cadeia do frio é quebrada, a qualidade do produto sofrerá uma redução que, influenciará diretamente na sua vida útil. É importante salientar que, muitas vezes a quebra do frio ocorre no transporte.

O importante seria que essa cadeia não fosse quebrada, pois, desta forma, sem a "cadeia do frio", produtos que são exportados devem ser colhidos antes do ponto ideal para poderem chegar ao local em condições de consumo, com isso, existe uma grande perda de qualidade destes produtos (TANABE; CORTEZ, 1998).

As perdas de qualidade resultam de danos mecânicos, ausência ou deficiente controle da temperatura e cargas mistas incompatíveis. O manuseamento descuidado e falta de refrigeração ou elevados tempos de espera em condições não refrigeradas nos cais de descarga

podem comprometer os efeitos de boas condições de transporte (ALMEIDA, 2005). Segundo ALMEIDA (2005) as principais considerações na incorporação de operações de transporte nos sistemas de manuseamento são:

- Evitar ou minimizar os danos mecânicos. Os danos mecânicos podem ocorrer durante as operações de carregamento, descarga ou empilhamento, ou ainda devido à vibração ou colisão de contentores durante o transporte.
- Manter temperaturas adequadas. A temperatura da carga durante o transporte depende da temperatura inicial, da capacidade de refrigeração, condições de funcionamento do equipamento de refrigeração e da distribuição e velocidade do ar em torno do produto.
- A concepção e construção dos contentores e das aberturas de ventilação das embalagens, bem como o padrão de empilhamento, devem permitir uma circulação adequada do ar.
- Assegurar a compatibilidade dos produtos em situações de cargas mistas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, mamões da espécie *Carica papaya*, cultivados na região de Mamanguape-PB (latitude: 5° 50' 2,77" S, longitude: 35° 7' 17.88" W e altitude: 20,1m), foram utilizados. O clima da região, segundo a classificação de FILHO (2011) é do tipo tropical chuvoso, localizado próximo do mar, ou seja, área equatorial no litoral norte, com temperatura entre 20-35°C.

Os frutos foram colhidos no período da manhã e levados até o local do beneficiamento por caminhões abertos, dentro de caixas plásticas e recobertos por sacos tipo bolha. O objetivo foi minimizar injúrias físicas e a incidência de raios solares, uma vez que a chegada dos frutos foram entre 11h-12h da manhã, um horário mais propício ao aumento da temperatura do fruto (calor do campo). Os frutos foram colhidos no estágio de maturação, onde 30 a 70 % da casca estavam predominante amarela.

3.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE BENEFICIAMENTO NO PACKING HOUSE

Após a colheita, os frutos foram levados ao *packing house*, local de beneficiamento do mamão, onde o caminhão foi descarregado e os frutos foram recepcionados em caixotes, sendo armazenados logo em seguida nos arredores, próximo à planta de processamento, ficando a espera do início do processamento. Posteriormente deu-se início as etapas de beneficiamento do mamão (Figura 5):

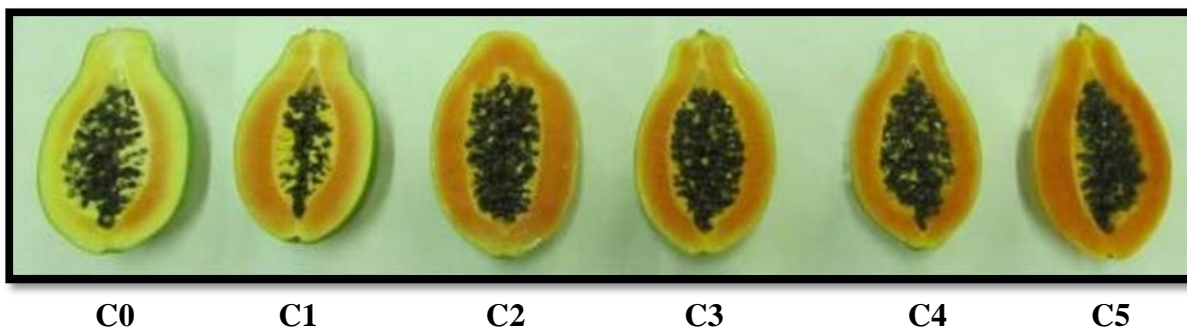
- 1ª etapa: recepção dos frutos em caixotes;
- 2ª etapa: limpeza e desinfecção do produto, com solução de 75-100 ppm de cloro em água em temperatura ambiente, aproximadamente 22 °C; posteriormente, os frutos são lavados com auxílio de um rolo escovador e detergente neutro, e posteriormente enxaguados;
- 3ª etapa: seleção dos frutos, onde estes passam por uma longa esteira, onde são selecionados de acordo com seu aspecto físico, tendo certa tolerância com relação aos arranhões, cicatrizes, machucados, manchas fisiológicas, classificando os frutos em “de Primeira” e “de Segunda” qualidade;
- 4ª etapa: aplicação de solução fungicida em tanque, cuja aplicação objetiva evitar o aparecimento de fungos;
- 5ª etapa: secagem dos frutos em secador de ar frio, através de uma esteira;
- 6ª etapa: classificação dos frutos por coloração, embalagem e posterior paletização.



Figura 5 - fluxograma do processo de beneficiamento do mamão no *packing house*.

A Figura 6 e a

Tabela 3 mostram a classificação do mamão, em respeito ao grau de maturação e a coloração da casca, realizada na 6ª etapa de beneficiamento no *packing house*:

Maturação (polpa):**Maturação (casca):****Figura 6** – Classificação do mamão Golden quanto ao grau de maturação (Fonte: Empresa de beneficiamento)**Tabela 3** – Tabela de classificação do mamão em respeito à coloração da casca

GRUPO	COLORAÇÃO DA CASCA DO FRUTO
M0	Fruto verde: aquele que se apresenta 100% da casca verde.
M1	Fruto amadurecendo: aquele que se apresenta mudando de cor, cujos primeiros sinais de amarelecimento não cobrem mais de 15% da casca.
M2	Fruto 1/4 maduro: aquele que apresenta mais de 15 até 25% da superfície da casca amarelada.
M3	Fruto 1/2 maduro: aquele que apresenta mais de 25 até 50% da superfície da casca amarelada.
M4	Fruto 3/4 maduro: aquele que apresenta mais de 50 até 75% da superfície da casca amarelada.
M5	Fruto maduro: aquele que apresenta mais de 75 até 100% da superfície da casca amarelada.

Fonte: Empresa de beneficiamento

3.2. MEDIDAS DE TEMPERATURA DURANTE AS ETAPAS DE BENEFICIAMENTO E EM TÚNEL DE AR FORÇADO

A perda de calor do mamão foi analisada durante o seu beneficiamento (

Figura 7) e pré-resfriamento em túnel com ar forçado (Figura 8). Na etapa de beneficiamento, 12 mamões de tamanho médio foram selecionados, identificados e tiveram suas temperaturas monitoradas durante todo o processo (Figura 5). No túnel (10m comprimento x 7,90m largura x 2,90m altura), as temperaturas da polpa e da superfície de três mamões por caixa (com aberturas apenas na parte superior da lateral) foram medidas, considerando ser a triplicata/caixa (Figura 8). A Figura 9 mostra o esquema do túnel de pré-resfriamento utilizado neste trabalho.



Figura 7 – Identificação e monitoramento da temperatura da polpa do mamão durante o processo de beneficiamento.



Figura 8 - Aferição da temperatura da polpa e superfície do mamão no túnel de pré-resfriamento.

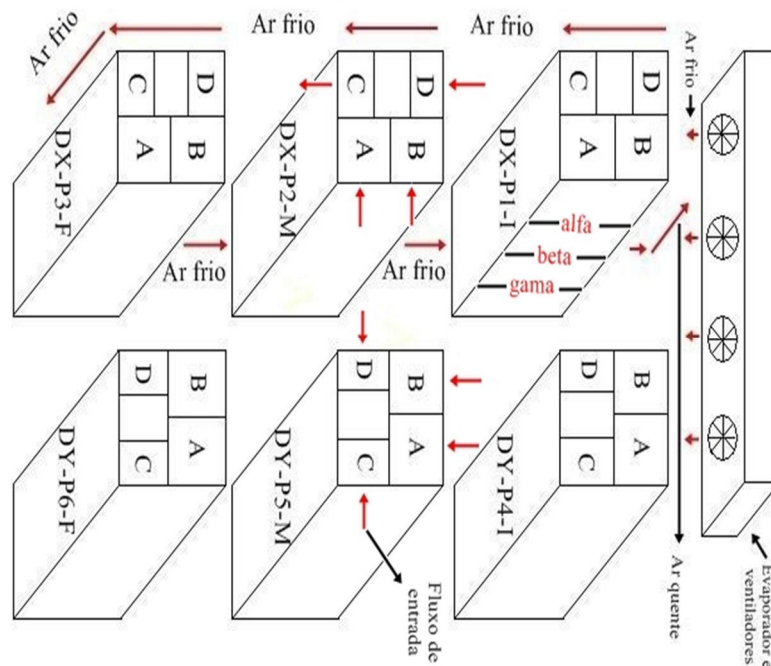


Figura 9 – Esquema do túnel de pré-resfriamento usado neste estudo e representação dos fatores analisados.

Testes preliminares auxiliaram nas tomadas de decisões em que, na etapa experimental, as medidas de temperatura dos mamões no túnel foram realizadas no tempo 0h: momento da formação dos paletes ainda fora do túnel onde, imediatamente após esta medição, os paletes foram transportados ao túnel, que já se encontrava em funcionamento com temperatura de $(7,9 \pm 2,5^{\circ}\text{C})$; e posteriormente a cada 1h. As medidas foram realizadas até que a temperatura alcançasse aproximadamente 14°C , considerada ser a temperatura ótima para a saída dos mamões do túnel e posterior carregamento.

Para alcançar os objetivos deste trabalho, de determinar tempo e layout ótimo para a retirada dos mamões no túnel, um estudo da distribuição de temperatura foi realizado para se determinar qual o palete que resfria mais lentamente e onde se localiza o “ponto quente” deste palete, ou seja, a caixa onde o mamão se resfria mais lentamente. Para isso, as influências dos seguintes fatores foram analisadas:

- Posição dos mamões no palete: caixas A, B, C e D (Figura 10);
- Posição dos paletes no túnel, em relação ao evaporador: no início (I), no meio (M) e no final (F) (Figura 11), para os seis paletes identificados como P1 a P6 (Figura 9);
- Disposição (D) dos paletes no túnel, onde a disposição X (DX) consiste na passagem do fluxo direto de ar por apenas três caixas, no sentido D-C (Figura 12 e Figura 14), porque as caixas A e B não possuem aberturas laterais; enquanto que a disposição Y (DY) consiste na passagem do ar por apenas duas caixas, A e B (Figura 12 e Figura 14), porque as demais caixas não recebem o fluxo de ar diretamente (Figura 13);
- Altura dos mamões no palete, que variou de 167 cm (alfa- α : caixa de número 11), 97 cm (beta – β : caixa de número 6) e 27 cm (gama – γ : caixa de número 1) (Figura 14).

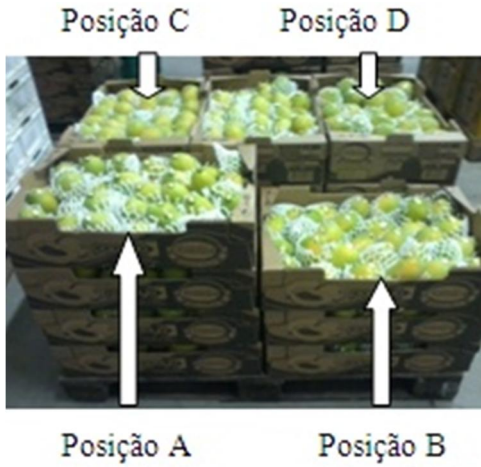


Figura 10 – Posição dos mamões/caixas no palete.



Figura 11 - Posição dos paletes no túnel, em relação ao evaporador: Início (I), Meio (M) e Final (F).



Figura 12–Disposição (D) dos paletes no túnel (DX e DY, respectivamente).



Figura 13 - Parte da embalagem (Caixas C e D) que não recebe fluxo de ar direto nos mamões devido não ter abertura lateral.

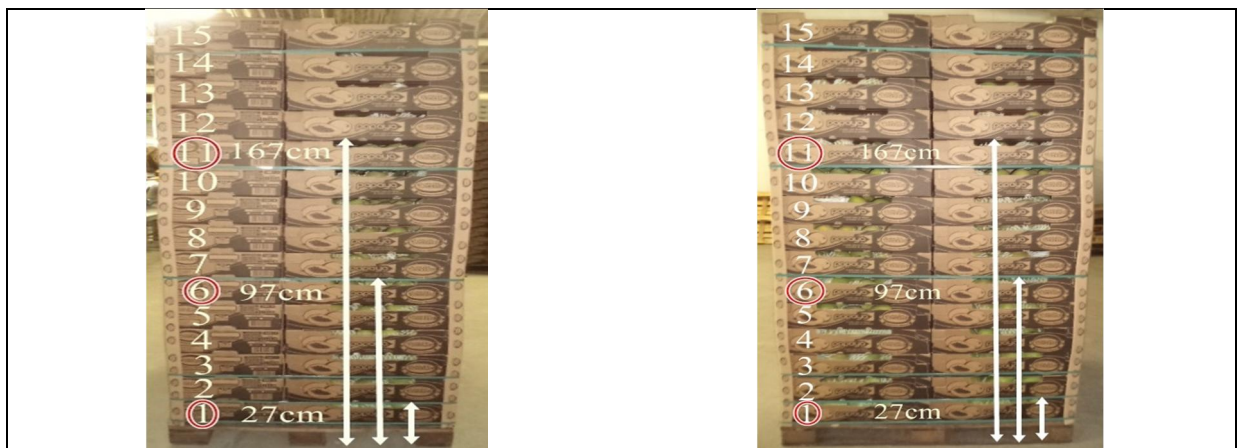


Figura 14 – Alturas das caixas, nas disposições X e Y respectivamente: 167 cm (alfa - α : caixa de número 11), 97 cm (beta - β : caixa de número 6) e 27 cm (gama - γ : caixa de número 1).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas da polpa e da superfície dos mamões durante a etapa de beneficiamento do fruto estão apresentadas na Tabela 4. A temperatura ambiente foi $(28,6 \pm 0,3)$ °C.

Tabela 4 - Acompanhamento da queda de temperatura da polpa e superfície do mamão durante as etapas do processo.

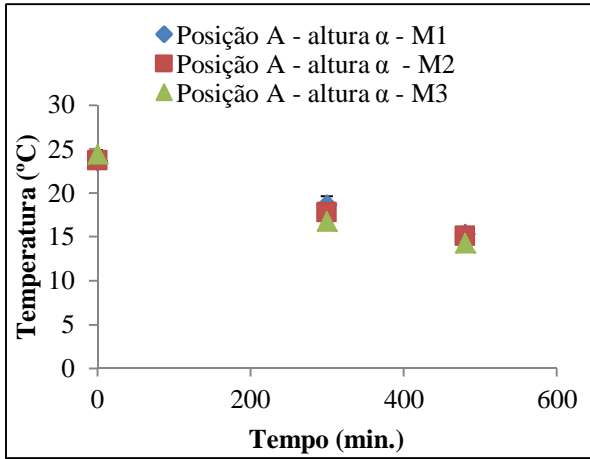
Tempo	Situações	Média da Temperatura (°C) da polpa dos mamões	Desvio padrão	Média da Temperatura (°C) da superfície dos mamões	Desvio padrão
0 min	Recebimento	25,57	0,2	27,65	0,2
10 min	Após lavagem	25,71	0,2	27,17	0,2
20 min	Após aplicação de fungicida	25,38	0,3	27,07	0,2
30 min	Após secagem	25,33	0,2	27,5	0,2
	Diferença entre o recebimento e secagem	0,24		0,15	

Observou-se que o processo de beneficiamento do mamão, em que os frutos são submergidos em água (lavagem) e solução fungicida que estão em temperaturas mais baixas que a ambiente, não influenciou fortemente nas quedas de temperatura da polpa e superfície, uma vez que a diferença de temperatura entre o recebimento dos frutos e após processo de secagem não apresentou grande diferença. A queda de temperatura do mamão durante o processo de beneficiamento foi de apenas 0,24 °C para a polpa e 0,15 °C para a superfície dos 12 frutos. E a diferença de temperatura entre a polpa e a superfície foi de 2°C em média.

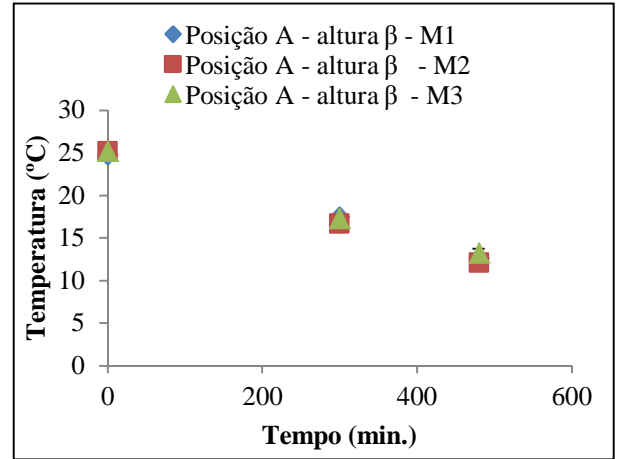
4.1. TESTES PRELIMINARES DE MEDIDA DE TEMPERATURA NO TÚNEL DE PRÉ-RESFRIAMENTO

Medidas de temperatura de três mamões (identificados como M1, M2, M3) da caixa A foram realizadas nos paletes DX-P1 e DY-P4, ou seja, paletes nas disposições X (fluxo de ar no sentido das caixas D-C) e Y (fluxo de ar apenas nas caixas A e B), posições no túnel 1 e 4 (estando no início (I) do túnel), em diferentes alturas (α : 167 cm caixa 11; β : 97 cm caixa 6; e γ : 27 cm caixa 1) dos mamões no túnel.

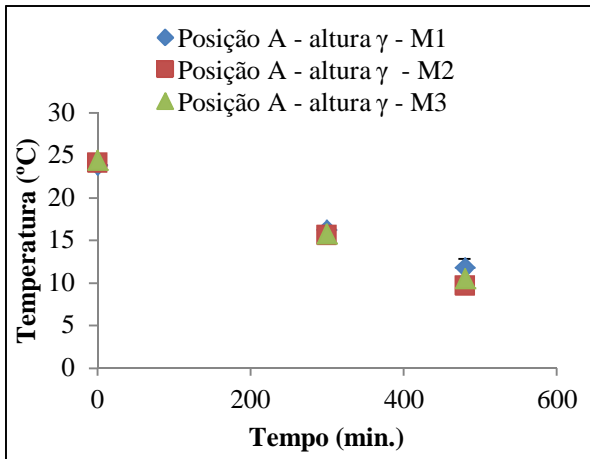
Os dados experimentais se encontram no formulário usado para coleta de dados (Apêndice). A Figura 15 e Figura 16 mostram não haver grande variação entre as temperaturas dos três mamões, para uma mesma caixa (A), em cada altura.



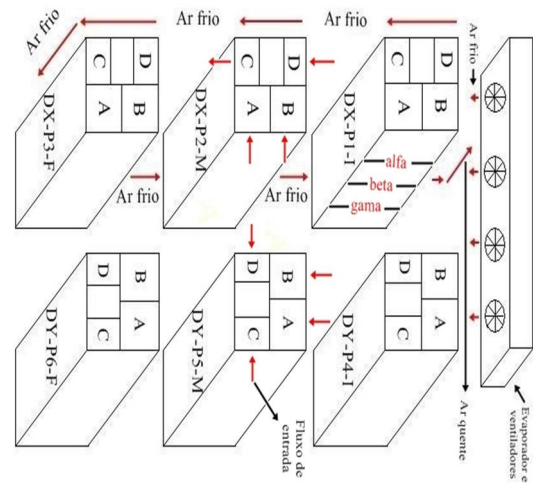
Temperatura média dos mamões na altura α .



Temperatura média dos mamões na altura β .

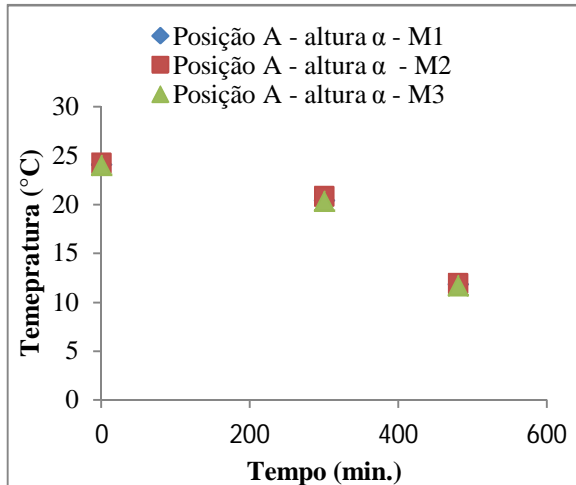
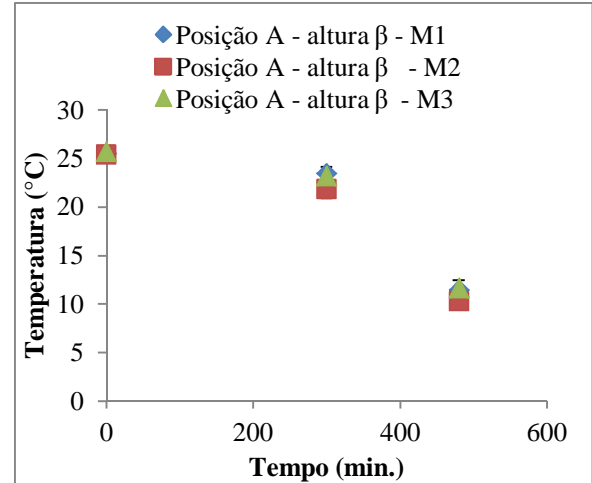
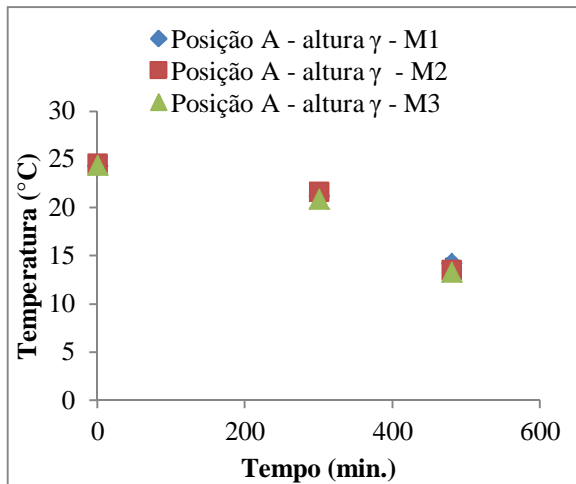
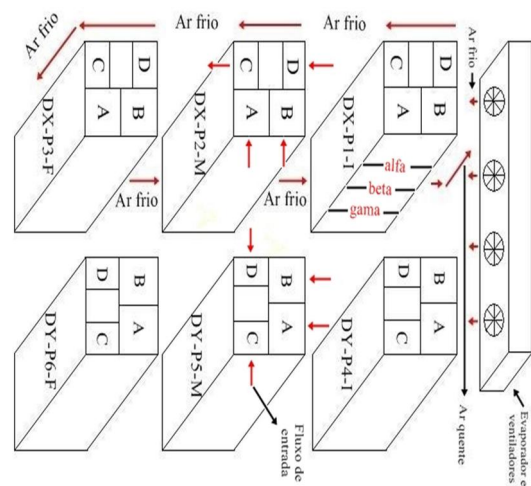


Temperatura média dos mamões na altura γ .



Esquema do túnel de pré-resfriamento.

Figura 15 - Temperatura média (°C) dos mamões em DX-P1 caixa A em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).

Temperatura média dos mamões na altura α .Temperatura média dos mamões na altura β .Temperatura média dos mamões na altura γ .

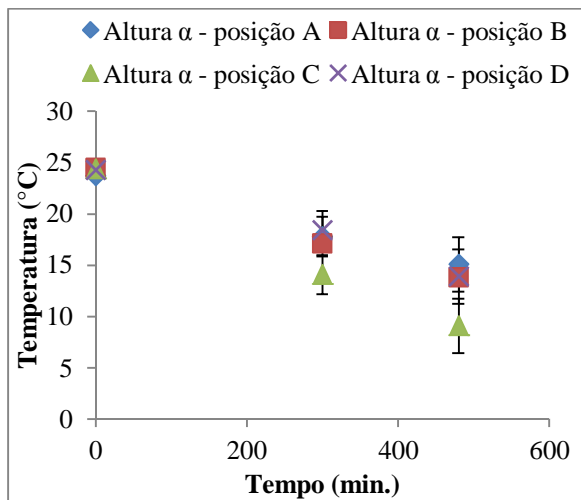
Esquema do túnel de pré-resfriamento.

Figura 16 – Temperatura média (°C) dos mamões em DY-P4 caixa A em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).

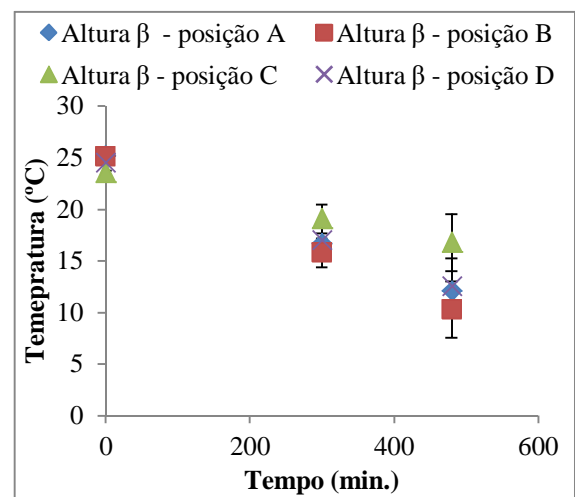
Diante destes resultados, foi possível verificar que a medida de temperatura em triplicata não seria necessária, uma vez que apenas um mamão representaria os demais em uma mesma caixa (posição do mamão no paletê). Além disso, a medição ficaria inviável a cada hora, pois, para os paletes 1 e 4, a medição demorou aproximadamente 30 min. de um para o outro, por isso o intervalo de medição ser de aproximadamente 5 horas, e por isso seria inviável medir os seis paletes a cada hora. É importante ressaltar que a grande diferença entre os intervalos de tempo, foi pelo motivo de serem aferidas temperaturas de seis paletes. Logo, para os demais experimentos, sugeriu-se medir apenas o mamão M2, cuja temperatura seria representativa em relação a todos os mamões na caixa, para cada altura.

Avaliação da queda de temperatura em função da posição da caixa no palete

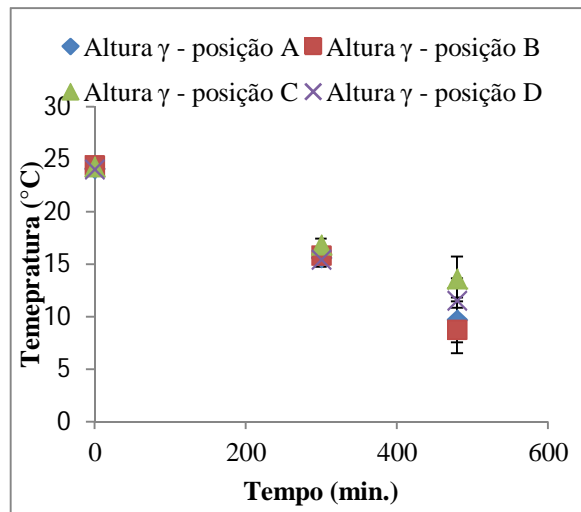
A Figura 17 e a Figura 18 mostram que, para uma mesma altura, as temperaturas médias dos mamões nas diferentes posições no palete, caixas A, B, C e D, tiveram diferenças ao longo do tempo, no entanto não foram significativas, como mostram as barras de erros. Logo, para os paletes DX-P1 e DY-P4, as posições dos mamões no palete, não tem forte influência na queda de temperatura do mamão.



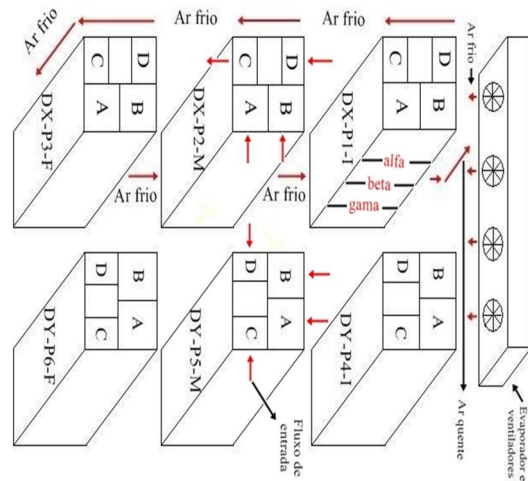
Temperatura média (°C) dos mamões na altura α .



Temperatura média (°C) dos mamões na altura β .

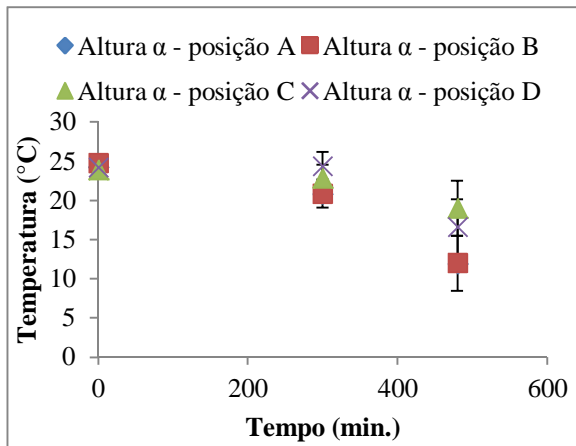
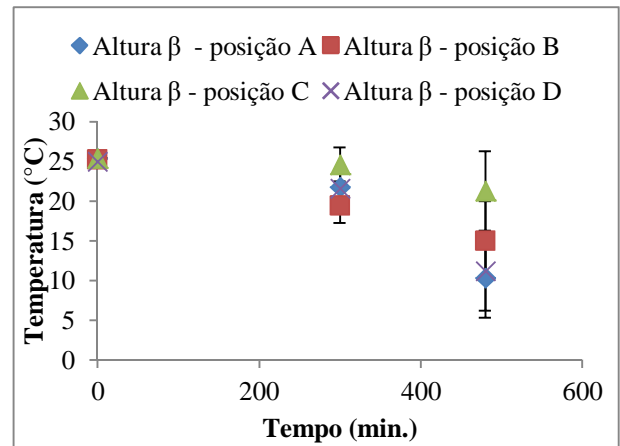
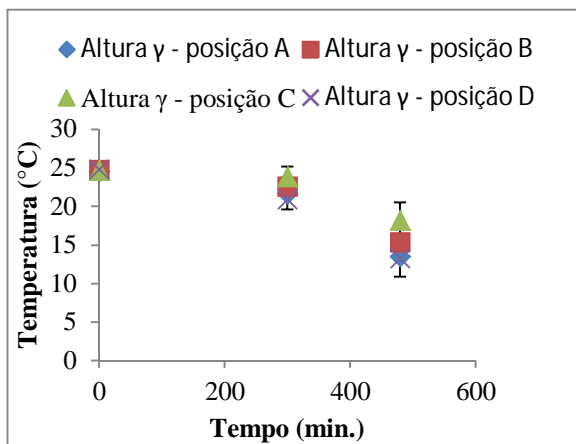
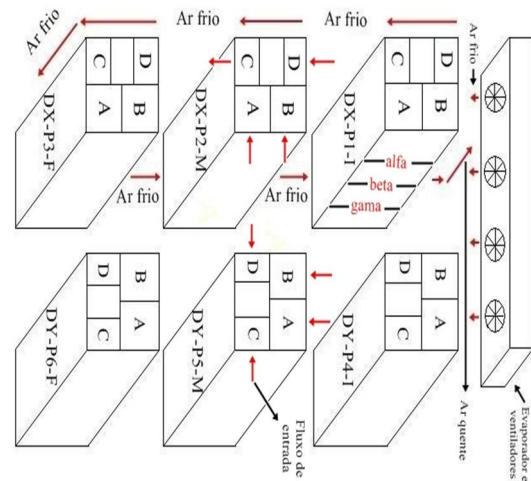


Temperatura média (°C) dos mamões na altura γ .



Esquema do túnel de pré-resfriamento.

Figura 17 - Temperatura média (°C) dos mamões em DX-P1, caixas A, B, C e D, em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).

Temperatura média (°C) dos mamões na altura α .Temperatura média (°C) dos mamões na altura β .Temperatura média (°C) dos mamões na altura γ .

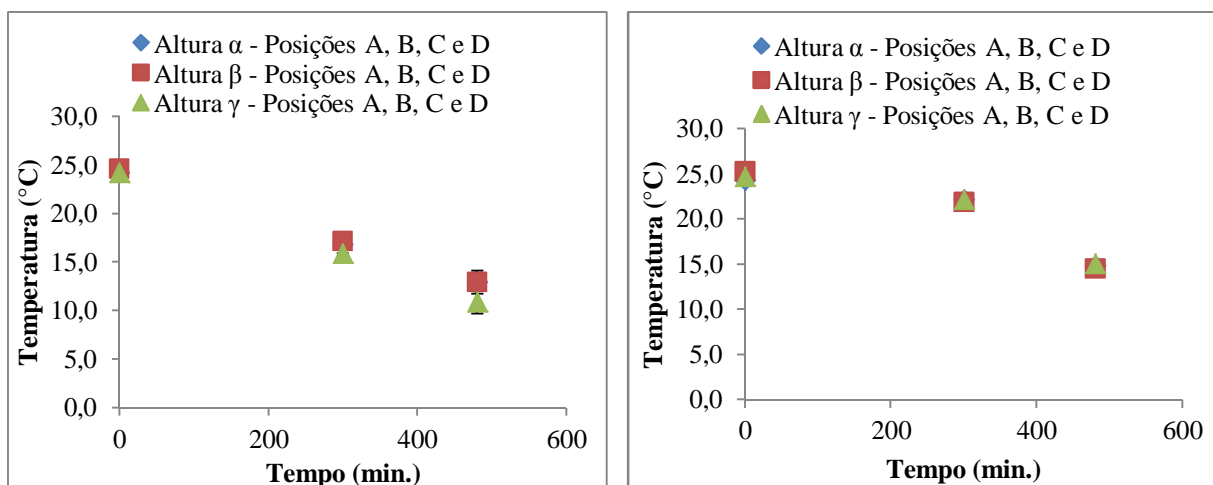
Esquema do túnel de pré-resfriamento.

Figura 18 - Temperatura média (°C) dos mamões em DY-P4, caixas A, B, C e D, em diferentes alturas: (α : 167 cm; β : 97 cm; e γ : 27 cm).

Avaliação da queda de temperatura em função da altura:

Como a posição de cada caixa no palete não influenciou fortemente a queda de temperatura, decidiu-se obter a média das temperaturas de todos os mamões em uma mesma altura (três mamões por caixa, A, B, C e D, totalizando doze mamões). Com isso, observou-se que os intervalos durante a queda de temperatura do mamão foi similar em todas as alturas, α , β e γ (Figura 19).

Foi observado também que, devido à quantidade de paletes medidos (1-6), os intervalos entre uma medição e outra ficaram muito grandes, o que dificultou obter uma análise mais detalhada da queda de temperatura e a influências dos fatores estudados.



Temperatura média (°C) dos mamões em DX-P1-I.

Temperatura média (°C) dos mamões em DY-P4-I.

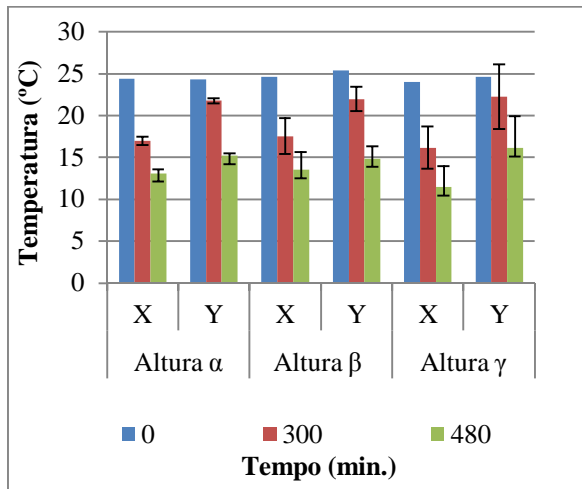
Figura 19 – Temperatura média (°C) dos mamões em todas as posições no palete (caixas A, B, C e D) em cada altura (α , β , γ).

Avaliação da queda de temperatura em função da disposição do palete no túnel:

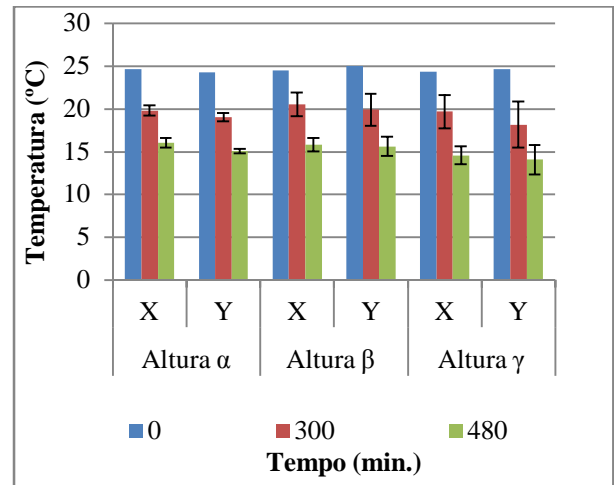
Diante dos resultados obtidos anteriormente, de que as posições dos mamões no palete não influenciaram fortemente a queda de temperatura, e que os mamões nas alturas estudadas tiveram queda de temperatura similar, decidiu-se avaliar a queda de temperatura dos mamões em função da disposição dos paletes no túnel, comparando os paletes P1 e P4, no início (I) do túnel; P2 e P5, no meio (M) do túnel; e P3 e P6, no final (F) do túnel, nas três alturas estudadas, α , β e γ . Onde os paletes de P1-P3 estavam na disposição X (fluxo de ar passando no sentido D-C), e os de P4-P6, na disposição Y (fluxo de ar apenas nas caixas A e B). A Figura 20 mostra a comparação da queda de temperatura em função da disposição X e Y, em cada altura estudada.

Foi possível observar que, entre os paletes (P1 e P4), a disposição X mostrou ter uma queda de temperatura maior. Isto pode ter sido devido ao fluxo do ar por um maior número de caixas (D-C). Os paletes P2 e P5, e P3 e P6, mostraram ter uma queda de temperatura menor ao longo do tempo. Segundo (GAFFNEY, 1977; ARIFIN & CHAU, 1987; BAIRD et al., 1988; BOYETTE et al., 1994 apud TERUEL, 2008), os produtos em contato direto com o ar podem resfriar na primeira hora, entretanto para a camada mais afastada o resfriamento poderá ser mais lento. Este resfriamento mais lento pode também ser explicado devido à diminuição na diferença de temperatura entre o meio refrigerante (o ar) e o mamão, uma vez que os paletes do meio e final do túnel recebem um ar mais aquecido por já ter retirado calor dos mamões dos paletes do início do túnel. Segundo a Lei de Resfriamento de Newton, desenvolvida em 1701 (HOLMAN, 1983 apud SCHMIDT, 2000), quanto menor for a

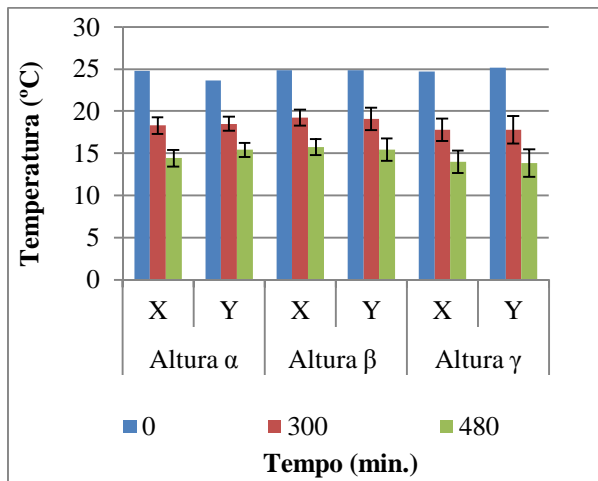
diferença de temperatura, menor será a taxa de transferência de calor, logo, menor será a perda de calor pelo fruto.



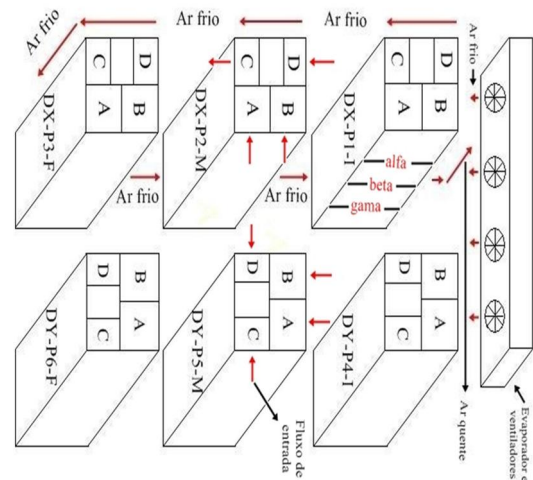
Temperatura média (°C) dos mamões em P1(X) e P4(Y).



Temperatura média (°C) dos mamões em P2(X) e P5(Y).



Temperatura média (°C) dos mamões em P3(X) e P6(Y).



Esquema do túnel de pré-resfriamento.

Figura 20 - Temperatura média (°C) dos mamões de todas as caixas (A, B, C e D) nas disposições DX e DY em cada altura: comparação da queda de temperatura entre paletes no início (P1 e P4), no meio (P2 e P5) e no final (P3 e P6) do túnel em função da disposição X e Y.

4.2. TESTES EXPERIMENTAIS DE MEDIDA DE TEMPERATURA NO TÚNEL DE PRÉ-RESFRIAMENTO

Ao observar que a disposição X obteve melhores resultados de queda de temperatura em relação a Y (Figura 20), para todas as posições dos paletes (P1-P6) no túnel, decidiu-se

então avaliar a queda de temperatura em função desta posição dos paletes no túnel (início – P1, meio – P2 e final – P3) apenas na disposição X. A

Figura 21 mostra que a queda de temperatura do mamão foi menor em P2 (meio do túnel, em destaque), ou seja, o palete que resfria mais lentamente.

Observando estes resultados e considerando que a meta de temperatura a ser alcançada é de 14 °C, pode-se adotar o mamão do palete na posição P2 como referência para a medição de temperatura e, assim, garantir que todos os mamões saiam do túnel, para carregamento, com a temperatura adequada.

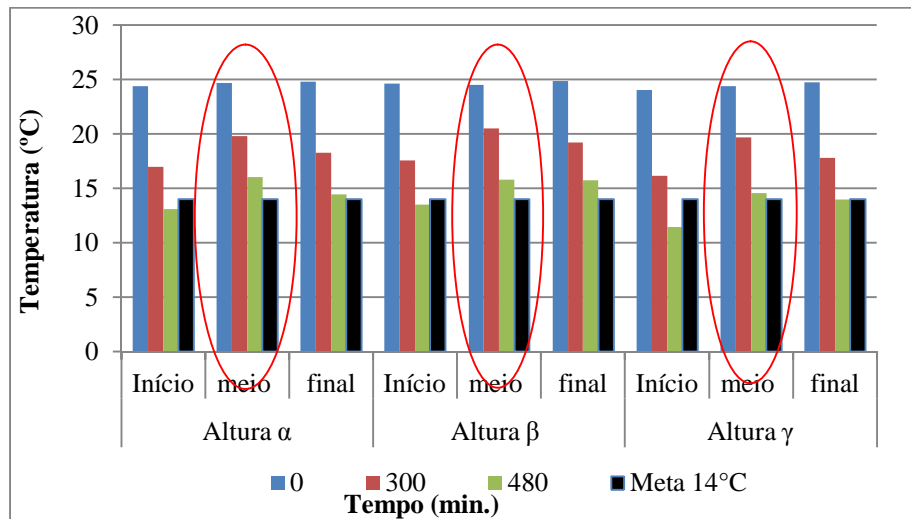


Figura 21– Temperatura média (°C) dos mamões em paletes na disposição DX e posições P1 (início), P2 (meio) e P3 (final), em cada altura.

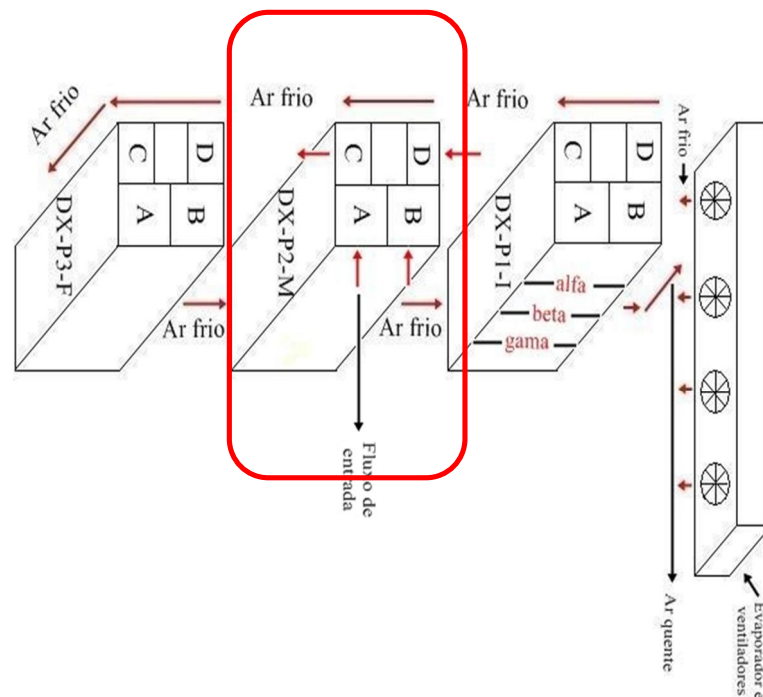
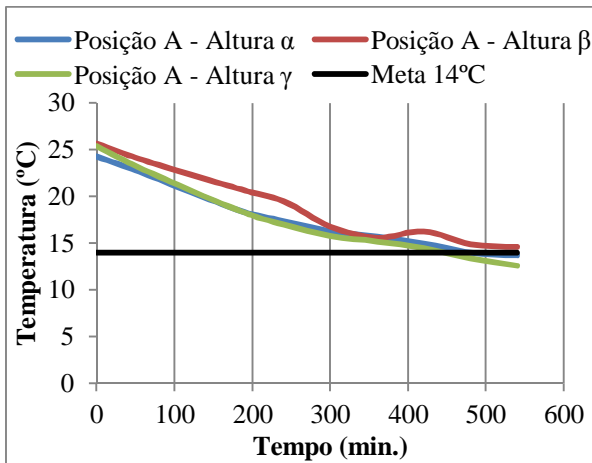


Figura 22 – Esquema do túnel de pré-resfriamento: paleta DX-P2-M usado nas medidas experimentais.

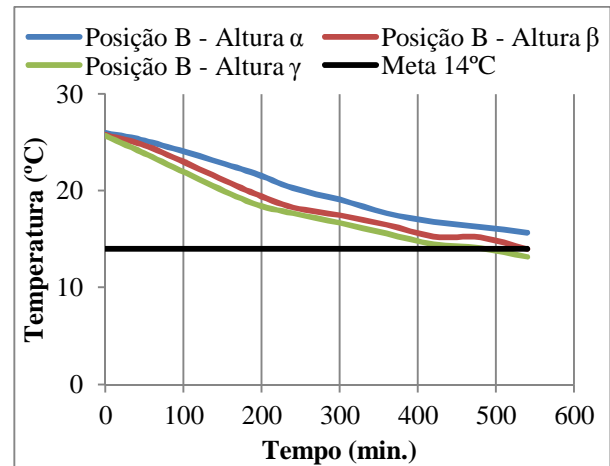
Logo, para a determinação da posição e altura do mamão que resfria mais lentamente (ponto quente do túnel de pré-resfriamento), sugeriu-se analisar a queda da temperatura apenas do mamão identificado como M2, em todas as posições no paleta (caixas A, B, C e D), em todas as alturas (α , β e γ), do paleta do meio do túnel (P2) e na disposição DX (Figura 22: DX-P2-I), e em intervalos de tempo de 1h até temperatura de 14°C

4.2.1. DX-P2-M – queda da temperatura do mamão em função da altura e em função de cada posição de caixa no paleta.

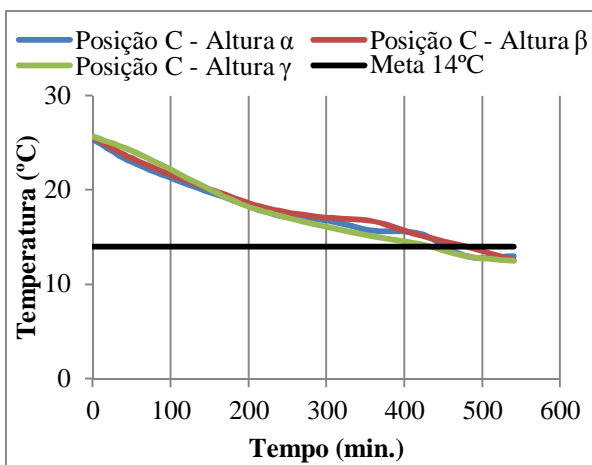
Nos ensaios experimentais, a temperatura do mamão em DX-P2-M obteve menor queda nas alturas α e β , posições B e D (Figura 23 e Figura 24), não atingindo a meta de 14°C.



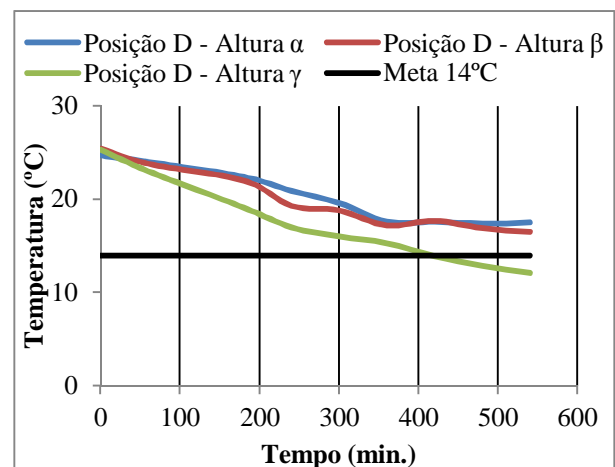
Temperatura média (°C) de mamões na posição da caixa A e diferentes alturas α , β , γ .



Temperatura média (°C) de mamões na posição da caixa B e diferentes alturas α , β , γ .

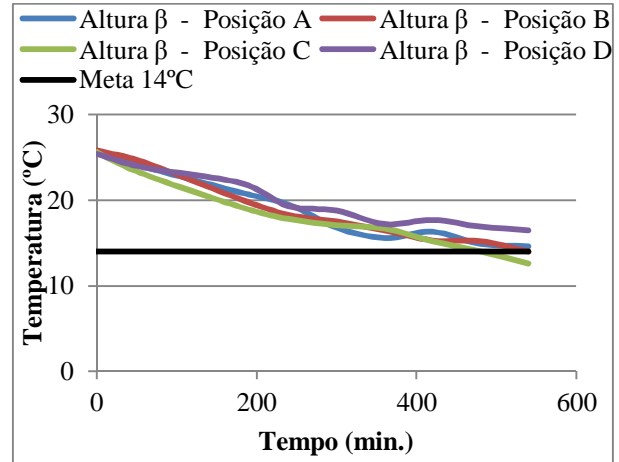
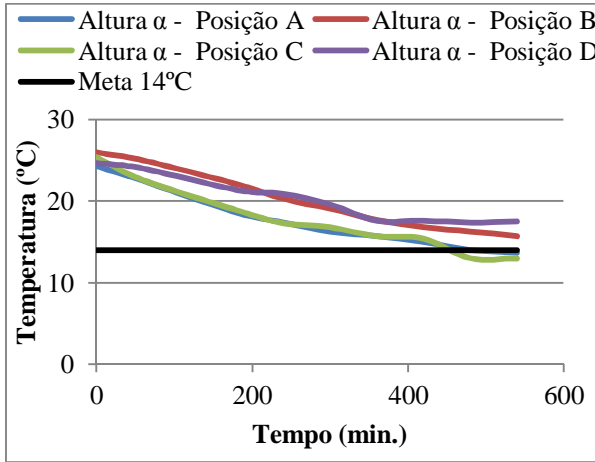


Temperatura média (°C) de mamões na posição da caixa C e diferentes alturas α , β , γ .



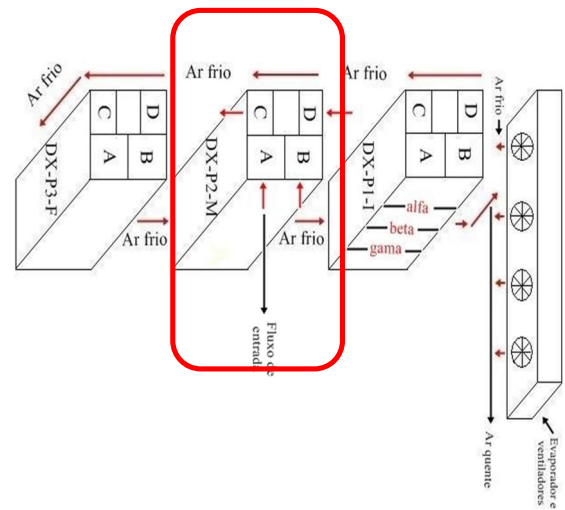
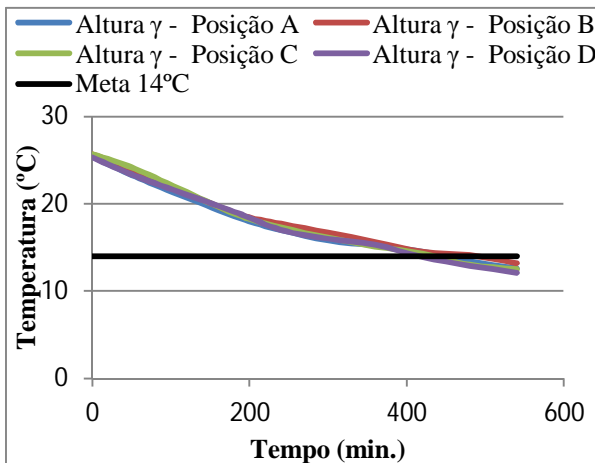
Temperatura média (°C) de mamões na posição da caixa D e diferentes alturas α , β , γ .

Figura 23 – Temperatura média (°C) de mamões no palete DX-P2-M: caixas A, b, C e D e alturas α , β e γ .



Temperatura média (°C) de mamões nas posições das caixas A, B, C e D, na altura α .

Temperatura média (°C) de mamões nas posições das caixas A, B, C e D, na altura β .



Temperatura média (°C) de mamões nas posições das caixas A, B, C e D, na altura γ .

Esquema do túnel de pré-resfriamento: paleta DX-P2-M usado nas medidas experimentais.

Figura 24 - Temperatura média (°C) de mamões no paleta DX-P2-M: alturas α , β e γ , em cada caixa A, B, C e D.

Observando os resultados obtidos, pode-se fazer uma analogia à transferência de calor em processos de tratamento térmico (esterilização, por exemplo) em alimentos enlatados. Nestes, a penetração de calor num determinado ponto do produto é resultante da transferência de calor que se processa por dois mecanismos fundamentais, dependendo de suas características físicas: condução e convecção. No processamento térmico de alimentos sólidos, a transferência de calor ocorre por condução (transferência de energia de partícula a

partícula) e o ponto que se aquece mais lentamente é o centro geométrico do sólido. Já no de alimentos fluidos, ou fluidos com partes sólidas, a transferência de calor ocorre por convecção (condução mais movimento de porções de fluido por diferença de densidade) e, por isso, o ponto frio se localiza geralmente a 1/3 da altura do recipiente deste fluido (SCHMIDT, 2000).

A Figura 25 mostra o esquema de aquecimento dos recipientes em que as flechas vermelhas simulam a transferência de calor no alimento dentro da embalagem e o Ponto Frio, que é local no interior da embalagem onde a transferência de calor é mais lenta, está indicado pelo ponto vermelho. O Ponto Frio depende de características físicas do produto alimentício: forma e material do recipiente.

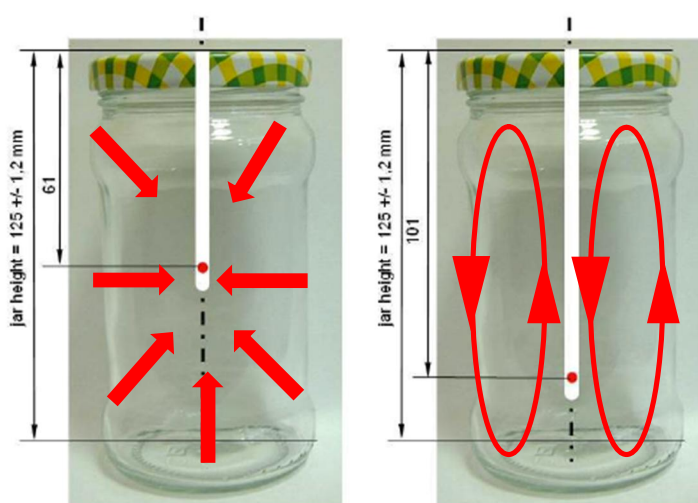


Figura 25 – Ponto frio em recipientes contendo alimentos sólidos (esquerda): centro geométrico do recipiente; e contendo alimentos fluidos (direita): 1/3 da altura do recipiente.

No caso deste trabalho, levando em consideração que o túnel de pré-resfriamento seja um recipiente contendo fluido (o ar frio) e partículas sólidas (paletes com as embalagens e os mamões), podemos analisar os resultados, levando em consideração os conceitos de transferência de calor por convecção em alimentos enlatados.

Observando a direção do fluxo do ar frio, no esquema do túnel (Figura 26), o ar é movimentado de maneira forçada pelos ventiladores através dos paletes, em que passa diretamente pelas caixas superiores, é desviado no final do túnel para o chão, onde é desviado novamente, retornando para o início do túnel, passando pelas caixas inferiores. Ou seja, a transferência de calor está ocorrendo por convecção devido ao movimento forçado do ar pelos paletes.

Foi observado que o mamão da altura γ (caixa 1) resfriou mais rapidamente que os das alturas α e β (caixas 11 e 6, respectivamente). A Figura 26 mostra que a altura γ está na rota

do ar mais frio, portanto o mamão nesta altura perderá calor mais rapidamente, o que não ocorre com os mamões das alturas α , β .



Figura 26 - Alturas das caixas: 167 cm (alfa- α : caixa de número 11), 97 cm (beta – β : caixa de número 6) e 27 cm (gama – γ : caixa de número 1).

Sabendo-se que a altura do túnel de pré-resfriamento é de 2,90 m, e que as alturas α , β e γ correspondem a 60, 33 e 9 % da altura do túnel, respectivamente, verificou-se que a teoria do tratamento térmico, de que a transferência de calor é mais lenta em 1/3 (33%) da altura do recipiente foi confirmada para o caso do túnel.

No entanto, segundo Schmidt, (2000) outros fatores podem determinar a localização do ponto frio em um tratamento térmico, como a razão entre a altura do recipiente e seu diâmetro, sendo melhor quanto maior for; o espaço livre dentro do recipiente, que aumenta a taxa de transferência de calor, dentre outros.

Logo, pode-se concluir que o palete na posição P2, as alturas α e β , e as caixas B e D, são os pontos quentes do túnel e, baseados na temperatura dos mamões nestas posições, os frutos devem ser retirados do túnel após 9h, tempo em que se garante que todos os frutos atingiram a meta de resfriamento em 14 °C.

5. CONCLUSÃO

Durante o processo de beneficiamento do mamão, a temperatura variou aproximadamente 0,30°C. Apesar de o mamão passar por tanques de imersão para lavagem e aplicação de fungicida, pode-se concluir que o tempo de permanência dos frutos não foi suficiente para diminuir a temperatura dos frutos de forma mais drástica. Logo, não se pode contar com este processo para a retirada do calor do campo, uma vez que os frutos sofrem alta incidência de calor durante a sua pós-colheita e espera para iniciação do processo de beneficiamento.

Portanto, sugere-se adotar medidas de redução de custos com energia do túnel de pré-resfriamento, que necessita retirar alta carga térmica por causa da alta temperatura dos frutos, realizando a colheita mais cedo; ou também diminuindo a temperatura das águas de lavagem, para aumentar a diferença de temperatura e conseqüentemente, a rapidez na diminuição de temperatura do fruto ainda na etapa de beneficiamento.

Com os resultados experimentais no túnel de pré-resfriamento, o estudo das medidas de temperatura dos mamões no túnel permitiu observar o cenário mais crítico, ou seja, o ponto do túnel onde o resfriamento é mais lentamente, ou seja, o mamão que deve servir de referência para a retirada dos paletes do túnel porque sua temperatura demora a alcançar a temperatura de referência de 14°C. Este é o “Ponto Quente” do túnel de pré-resfriamento e foi localizado no palete dois (disposição X: DX-P2-M), nas alturas de 0,97 e 1,67 metros (α e β , respectivamente) e posição de caixas B e D.

O tempo ótimo para a retirada dos paletes do túnel foi de aproximadamente entre 9-10 horas de permanência. No entanto, este tempo poderá ser diminuído com a adoção de embalagens com aberturas maiores para a passagem do ar através dos mamões.

DIFICULDADES ENCONTRADAS

No início da coleta de dados, houve o fato de que os frutos não estavam tendo o desenvolvimento adequado devido às condições climáticas da cidade em que, nesta época, estava em período chuvoso. Logo, devido a pouca produtividade, as medições de temperatura começavam tarde porque os paletes demoravam a ser montados e, por isso, ficou inviável de se medir até temperatura desejada, conseqüentemente, houve atraso na coleta destes dados, atrasando a execução do trabalho.

Devido ao atraso, o estudo de comparação de mais dois tipos de embalagens, cujas aberturas eram maiores em relação às da embalagem estudada neste trabalho, foi impossibilitado.

O atraso impossibilitou também os cálculos de tempo de resfriamento e demais análises.

Logo, testes com outras embalagens e cálculos matemáticos são sugeridos como trabalhos futuros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, D. Manuseamento de produtos hortícolas. 1ª ED. Porto. 2005. p.112.
- ASSIS, J. S. Fisiologia pós-colheita de hortaliças. EMBRAPA, Semiárido. Petrolina, PE. 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PAPELÃO ONDULADO (ABPO). 2014. Disponível em:<<http://www.abpo.org.br>>. Acesso em 10 de jul. 2014.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento refrigerado. In: GIRARD, C. L. A maçã pós-colheita. Brasília – DF. Embrapa Informação Tecnológica. 2004. p. 58–66. Série Frutas do Brasil, 39.
- BRASIL. Ministério da agricultura e pecuária. Produção integrada no Brasil. Agropecuária sustentável, alimentos seguros. Brasília DF. 2008.
- COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. (Ed.). Mamão: pós-colheita. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2002. p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).
- COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. (Ed.). Mamão: pós-colheita. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).
- CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais. Universidade Federal de Lavras – MG. 8ª Semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria – FRUTAL. 2001. p. 436.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: fisiologia e manejo. 2ª. Ed. Universidade Federal de Viçosa. 2005. 783 p.
- EMBRAPA. A cultura do mamoeiro. 2014. Disponível em:<http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisaculturas_pesquisadas%20mamao.php&menu=2#colheita>. Acesso em 4 de jun. 2014.

FERREIRA, M. D. Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. Embrapa Instrumentação Agropecuária. São Carlos, SP. 2008. p. 146.

FILHO, J. P. L. Transformações econômicas e processos de urbanização. Aproveitamento de fenômenos naturais e técnicas específicas para a instalação do sistema de abastecimento de água em Mamanguape – PB. Guarabira, PB. 2011.

FREIRE, J, DE O. Resposta do mamoeiro Golden a diferentes lâminas e frequências de irrigação. Mossoró, RN. 2008. (FREIRE, 2008)

GAVA, A. J. Princípios de Tecnologia de Alimentos. 1ª edição 8ª reimpressão. São Paulo, SP. 1998. 283 p.

GIRARD C. L.; NACHTIGALL, G. R.; PARUSSOLO, A. Fatores pré-colheita que interferem na qualidade da fruta. In: GIRARD, C. L. A maçã pós-colheita. Brasília – DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 24 - 34. Série Frutas do Brasil, 39.

JULIÃO, L.; TAPETTI, R. A.; MELLO, G. C. da S. Cadeia do frio: Garantia de vida mais longa e saudável. Hortifrúti Brasil. Publicação do CEPEA – ESALQ/USP. 2011.

MARTINS, D. dos S. Papaya Brasil: Manejo, Qualidade e Mercado do Mamão. Vitória, ES: Incaper, 2007. 704p. Disponível em: < http://www.incaper.es.gov.br/pi-mamao/?a=papaya_2007/apresentacao>. Acesso em 22 de jun. 2014.

NETO, F. do N. et al. Programa de Agroindustrialização da Agricultura Familiar: Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2006. 243 p. (Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças)

NETO, S. E. de A. Fruticultura tropical. Universidade Federal do Acre de Ciências Biológicas e da Natureza. Rio Branco, AC, 2012. 210 p.

SANTOS, A. M. P. E.; YOSHIDA, C. M. P. Técnico em alimentos. Embalagens. UFRPE/CODAI, Recife, PE, 2011.

SCHMIDT, F. L. Transferência de calor em sistemas líquidos particulados embalados envasados sob alto vácuo. 2000. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas – SP. 2000.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. Revista brasileira de fruticultura. O cultivo do mamoeiro no Brasil. Linhares, ES. v. 32, n. 3. 2010. p. 657-959.

SESTARI, I.; KLUG, R. A. Métodos empregados no pré-resfriamento de frutas hortaliças. Serie produtor rural –Nº 40 – Universidade de São Paulo. Escola superior de agricultura “Luís de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 2008. Disponível em:<<http://www.esalq.usp.br/biblioteca/PUBLICACAO/SP40/>>. Acesso em 5 de jun. 2014.

SILVA, J. de. S.; FINGER, F. L.; CORRÊA, P. C. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Armazenamento de frutas e hortaliças. Viçosa, MG. 2008.p. 469–502.

TANABE, C. S. CORTEZ, L. A. B. Perspectivas da cadeia do frio para frutas e hortaliças no Brasil. In: Mercofrio – Feira e Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul. 1998, p. 1-4.

TERUEL, B. J. M. tecnologia de resfriamento de frutas e hortaliças. Campinas, São Paulo, 2008.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Acompanhamento da perda de calor do mamão, durante seu beneficiamento.

ACOMPANHAMENTO DA PERDA DE CALOR DO MAMÃO DURANTE AS ETAPAS DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO																
Teste - Processamento			Temperatura °C polpa mamão													
Tempo	Situações	Temperatura	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	Média	Desvio Padrão
0 min.	Recebimento	28,2	25,6	25,8	25,7	26	25,4	25,6	25,3	25,3	25,9	25,3	25,4	25,5	25,57	0,2
10 min.	Após lavagem	28,4	25,7	26	25,8	25,9	25,8	25,8	25,4	25,4	25,7	25,5	25,7	25,8	25,71	0,2
20 min.	Após aplicação de fungicida	28,6	24,5	25,5	25,5	25,6	25,6	25,3	25,3	25,3	25,6	25,4	25,5	25,4	25,38	0,3
30 min.	Após secagem	29	25,5	25,6	25,4	25,4	25,3	25	25,2	25,2	25,3	25,3	25,1	25,6	25,33	0,2
Teste - Processamento			Temperatura °C superfície mamão													
Tempo	Situações	Temperatura	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	Média	Desvio Padrão
0 min.	Recebimento	28,2	27,4	27,6	27,6	27,8	27,8	27,4	27,6	27,6	27,8	27,6	27,8	27,8	27,65	0,2
10 min.	Após lavagem	28,4	27,2	27,6	27,2	27,2	27,2	27,2	27	27,2	27,2	27	27	27	27,17	0,2
20 min.	Após aplicação de fungicida	28,6	27,4	27,2	27,2	27,2	27	27,2	27	26,8	26,8	26,8	27	27,2	27,07	0,2
30 min.	Após secagem	29	27,8	27,6	27,6	27,4	27,6	27,6	27,2	27,4	27,6	27,6	27,04	27,6	27,5	0,2

MONITORAMENTO EM TÚNEL DE AR FORÇADO (COMPARAÇÃO ENTRE PALETES NAS DISPOSIÇÕES X E Y).

APÊNDICE B – Disposição X do paleta1 no início do túnel de resfriamento.

Teste - Caixas GO (túnel de resfriamento)			Caixas														
Tempo	T° ambiente	Situações	T° C	Posição A			Posição B			Posição C			Posição D			Média	Desvio Padrão
				M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
0 min	32,2	Caixas superior	polpa	23,6	23,7*	24,4	24,8	24,5*	24,5	23,9	24,4*	24,7	25,4	24,3*	24,7	24,5	0,6
			superfície	28,6	28,4	28,6	28,6	28,6	28,4	28,6	28,6	28,6	28,8	29	28,8		
		Caixas mediana	polpa	24,7	25,2*	25,2	24,9	25,1*	25,1	23,7	23,6*	24,5	24,6	24,5*	24,7	24,7	0,5
			superfície	28,6	28,2	28,6	28,6	28,8	28,2	27,4	27,6	28,2	28,6	28,6	28,8		
		Caixas inferior	polpa	23,8	24,1*	24,4	23,7	24,4*	24,2	24,1	24,3*	24,2	23,5	24*	23,8	24,0	0,3
			superfície	28,8	28,8	28,6	28,2	28,4	28	28	27,8	28,2	28,4	27,4	28		
300 min	6,7	Caixas superior	polpa	18,7	17,8*	16,8	19,2	17,1*	17,2	13,6	14,1*	13,4	18,7	18,4*	18,6	17,0	2,3
			superfície	14,8	14,6	13,4	14,8	13,2	12,8	10,8	11,6	11,6	18	15,8	15,6		
		Caixas mediana	polpa	17,4	16,7*	17,3	17,3	15,8*	15,8	19,5	19,1*	20	18	17*	16,7	17,8	1,4
			superfície	14,4	14,8	14,4	14	14	13,6	16,2	16,4	15	14,8	15,2	14,6		
		Caixas inferior	polpa	16,2	15,6*	15,8	15,6	15,8*	15,6	18	16,8*	17	16,8	15,4*	15,5	16,3	0,9
			superfície	16,2	14,9	15,1	15,3	14,1	14,2	16,4	16,4	16,2	14,4	13,4	14,6		
480 min	9,8	Caixas superior	polpa	15,3	15,1*	14,3	15	13,8*	12,8	8,8	9,1*	9,5	15,2	13,9*	14,5	13,2	2,6
			superfície	9,8	9,8	10,2	20,4	9,4	9,8	10,6	10,6	11,2	10,2	11,2	11		
		Caixas mediana	polpa	12,6	12,1*	13,2	12,5	10,3*	10,2	16,8	16,8*	17,5	15,1	12,5*	12,7	13,8	2,5
			superfície	13	13,2	12,8	10,2	9,8	10	12,4	12,8	12,4	10,6	9,6	9,4		
		Caixas inferior	polpa	11,8	9,7*	10,5	10	8,7*	8,8	14,3	13,6*	13,8	13,4	11,5*	11,2	11,7	2,0
			superfície	11,2	11,2	11,4	11,2	11,6	11,4	12,8	13,4	13,2	12,6	12,4	12,2		

*/ M2/ Temperatura utilizada para o experimento utilizando o mamão de número 2.

APÊNDICE C – Disposição X do paleta2 no meio do túnel de resfriamento.

Teste - Caixas GO (túnel de resfriamento)				Posição A			Posição B			Posição C			Posição D			Média	Desvio Padrão
Tempo	T° ambiente	Situações	T° C	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
0 min	32,8	Caixas superior	polpa	25,1	24,8*	24,5	24,1	24,6*	24,1	24,7	25,2*	24,8	24,4	25*	24,8	24,7	0,4
			superfície	29,2	28,6	28,6	28,4	28,8	28,6	28,4	28,6	28,2	28,4	28,2	28,4		
		Caixas mediana	polpa	23,7	23,8*	24,2	25	24,9*	25,3	25,3	24,9*	24,7	23,7	24*	24,4	24,5	0,6
			superfície	28	28	28,2	28,2	28,2	28,2	27,8	27,6	27,8	27,8	27,2	27,8		
		Caixas inferior	polpa	24,5	24,6*	24,7	23,4	23*	24,5	24,5	24,5*	24,7	24,7	24,8*	24,6	24,4	0,4
			superfície	27,6	27,6	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	28,2	28,2	27,8	
300 min	7	Caixas superior	polpa	20,9	20,3*	22,4	19	19*	19,4	19	19*	19,4	19,8	19,6*	19,8	19,8	1,1
			superfície	18,4	19,2	18,8	17,8	17,4	16,8	17,8	17,4	16,8	20,3	22,4	21,9		
		Caixas mediana	polpa	21,3	20*	20,9	19,1	18,4*	19	19,2	20,4*	21,6	22,1	22,7*	21,6	20,5	1,3
			superfície	18,2	18,2	18,8	17	17	17	18,8	18,8	19,4	19,4	18,8	18,8		
		Caixas inferior	polpa	20,1	19,6*	20,2	20	19,8*	20,2	20	18,8*	18,7	21	19,6*	18,2	19,7	0,9
			superfície	16,6	17,6	18,2	18,2	18,2	18,3	19	18,4	18,2	17,6	18,2	17,8		
480 min	6,6	Caixas superior	polpa	16	15,8*	17,9	16	16,5*	17,8	12,7	12,1*	13,9	18,2	18,6*	17,3	16,1	2,4
			superfície	13,8	13,8	14,6	13,8	14	14	12,6	12,6	12,8	15,4	14,6	14,4		
		Caixas mediana	polpa	16,2	15,8*	17	15,8	15,1*	15,2	13,7	12,8*	13,3	19,1	18,1*	17,8	15,8	2,2
			superfície	12,2	12,2	12,6	12,2	12,2	11,8	12,4	12,2	12,2	14,8	14,8	14,6		
		Caixas inferior	polpa	14,7	15,3*	15,4	16,1	15,4*	15,4	14	13,1*	13,1	15,3	13,6*	13,5	14,6	1,1
			superfície	13,4	13,6	13,4	13,4	12,8	12,8	12,6	12	12,2	9,8	9,6	9,4		

APÊNDICE D – Disposição X do paleta3 no final do túnel de resfriamento.

Teste - Caixas GO (túnel de resfriamento)				Caixas												Média	Desvio Padrão
Tempo	T° ambiente	Situações	T° C	Posição A			Posição B			Posição C			Posição D				
				M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
0 min	30,8	Caixas superior	polpa	24,9	24,6*	24,9	25,5	24,2*	24,4	24,6	24,7*	24,5	25	24,9*	25,3	24,8	0,4
			superfície	27,8	27,8	27,6	27,4	27,6	27,4	27,4	27,4	27,4	28,2	28,2	28,2		
		Caixas mediana	polpa	24,4	24,8*	24,9	24,5	24,4*	24,6	25,4	25,8*	25,6	24,5	24,4*	25,1	24,9	0,5
			superfície	27,2	27,2	27,4	27,2	27,2	27,2	27,4	27,4	27,4	27,6	27,6	27,8		
		Caixas inferior	polpa	24,5	24,8*	24,9	24	24,3*	24,8	24,5	24,3*	24,3	24,1	24,6*	27,7	24,7	1,0
			superfície	27,8	28	27,8	27,6	27,6	27,6	27,4	27,4	27,4	27,2	27,2	27,2		
300 min	7,8	Caixas superior	polpa	18,1	18,3*	19	20,1	19,3*	20,4	16,6	13,6*	14,2	20	20,6*	19,3	18,3	2,3
			superfície	13,4	12,4	12,8	14,8	14,8	15,4	13,6	11,4	15,2	15,6	14,4			
		Caixas mediana	polpa	19,9	18,6*	19,3	20,2	19,7*	19,8	19	18*	17,9	19,2	19,5*	19,5	19,2	0,7
			superfície	14,6	14,8	13,8	14,8	14,6	14,6	14,6	13,8	13,4	12,4	12,6	12,6		
		Caixas inferior	polpa	17,5	17,5*	18,1	19,3	18,8*	19	17,5	17*	16,3	18,6	16,7*	17,4	17,8	1,0
			superfície	15,8	14,8	15	16,2	14,8	15	14,3	14,4	13	14,8	12,4	12,8		
480 min	10,8	Caixas superior	polpa	13,2	12,6*	13,2	17,7	17,7*	17,8	12,1	9,2*	9,4	17,5	16,8*	15,9	14,4	3,2
			superfície	11,6	10,8	11,2	14,9	15,6	16	13,6	12,6	12,6	16	15,8	15		
		Caixas mediana	polpa	16,2	15,9*	15,9	16,9	16,8*	16,4	15,1	14,9*	14,6	15,5	15,3*	15,2	15,7	0,7
			superfície	13	13,4	12,4	12,8	13	12,4	12,2	11,2	11,4	11,6	11,4	11,2		
		Caixas inferior	polpa	13,8	14,6*	14,9	15,8	15,4*	15,4	13,7	13*	12,3	14,6	11,9*	12,6	14,0	1,3
			superfície	14,2	14	14	12,8	12,4	12,6	13,8	13,6	13,4	12	11,8	10,8		

APÊNDICE E – Disposição Y do palete4 no início do túnel de resfriamento.

Teste - Caixas GO (túnel de resfriamento)				Caixas													
Tempo	T° ambiente	Situações	T° C	Posição A			Posição B			Posição C			Posição D			Média	Desvio Padrão
				M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
0 min	30	Caixas superior	polpa	24,1	24,2*	24	24,8	24,7*	24,8	24,3	23,9*	24,5	24,3	24,2*	24,3	24,4	0,3
			superfície	27,2	27,6	27,4	27,4	27	27,2	27,2	27,2	27,2	27,4	27,4	27,2		
		Caixas mediana	polpa	25,5	25,4*	25,7	25,4	25,2*	25,5	25,4	25,4*	25,5	25,1	25*	25,4	25,4	0,2
			superfície	27	27,2	27,4	27,2	27	27,2	27,6	27,6	27,6	27,4	27,4	27,6		
		Caixas inferior	polpa	24,3	24,5*	24,4	24,5	24,7*	24,6	24,7	24,7*	25,1	24,7	24,8*	24,8	24,6	0,3
			superfície	26,8	26,8	26,4	26,8	26,8	26,8	27	27	27,2	26,6	26,6	26,6		
300 min	7,7	Caixas superior	polpa	20,4	20,8*	20,3	19,9	20,8*	20,7	23	22,8*	23	23	24,4*	22,2	21,6	1,4
			superfície	14,4	13,6	14,2	14,2	14,4	14,8	10,4	19	18,2	17,6	17	15,4		
		Caixas mediana	polpa	23,5	21,8*	23,2	20,7	19,4*	21,2	24,6	24,6*	24,6	23,1	21,6*	21,8	22,8	1,5
			superfície	18,4	17,6	17,2	16,6	15,8	15,6	19,2	19,4	19,2	17	15,8	15,6		
		Caixas inferior	polpa	21,2	21,6*	20,9	22,5	22,5*	22,4	22,8	23,9*	23,9	22,3	20,9*	22	22,3	0,9
			superfície	20,4	19,2	18,6	17,4	18,2	18,4	20,8	21,2	21	17,8	18,2	18,2		
480 min	4,3	Caixas superior	polpa	11,8	11,9*	11,7	10,1	12*	12,3	19,5	19*	19,2	18,3	16,6*	19,9	15,4	4,2
			superfície	10,6	10,6	10,6	11	11,4	11,6	14,6	13,6	13,6	13,2	12,6	11,6		
		Caixas mediana	polpa	11,5	10,3*	11,7	16,7	15*	13,9	19,8	21,3*	20,5	15,3	11,2*	11,2	15,1	3,7
			superfície	10,6	10,4	9,4	11,8	11,6	10,8	14	13,6	15,2	11,4	10,2	10,2		
		Caixas inferior	polpa	14,2	13,5*	13,3	15,4	15,3*	15,1	18,9	18,2*	18,4	14,1	13,2*	13,7	15,4	2,1
			superfície	13,6	13	13	11,8	12,2	12,4	13,4	13	14,8	10,2	10,4	10,8		

*/ M2/ Temperatura utilizada para o experimento utilizando o mamão de número 2.

APÊNDICE F – Disposição Y do palete5 no meio do túnel de resfriamento.

Teste - Caixas GO (túnel de resfriamento)				Caixas													
Tempo	T° ambiente	Situações	T° C	Posição A			Posição B			Posição C			Posição D			Média	Desvio Padrão
				M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
0 min	27,2	Caixas superior	polpa	24,8	24,1*	24,4	23,8	24*	24,3	24,2	24,3*	24	24,4	24,5*	24,5	24,3	0,3
			superfície	26,6	26,8	26,6	26,4	26,4	26,6	26,8	26,8	26,6	27	27,2	27,2		
		Caixas mediana	polpa	25,3	25,3*	25,5	25,3	25,1*	25,4	24,3	24,3*	24,3	25,3	25,2*	25,3	25,1	0,5
			superfície	27	27	27	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,6	27,2	27,2	27,2		
		Caixas inferior	polpa	25,4	24,6*	24,4	24,3	24,6*	24,5	24,7	24,9*	24,6	24,5	24,6*	24,6	24,6	0,3
			superfície	27,2	26,6	26,8	26,6	26,4	26,6	26,8	26,8	27	26,6	26,6	26,6		
300 min	7	Caixas superior	polpa	18	19,7*	20,2	18,7	19,5*	20,7	21,6	20,9*	21,6	16,5	15,4*	15,8	19,1	2,2
			superfície	14,2	14,4	15	14,2	14,8	15,2	17,4	17,4	17,4	13,2	12,4	12,4		
		Caixas mediana	polpa	19,7	21,5*	21,4	20,2	18,1*	19,1	21	22,2*	21,8	17	17,2*	16,7	19,9	1,9
			superfície	13,8	13,6	14,6	14,6	14,2	13,8	16,6	16,8	16,8	13,4	13,2	13		
		Caixas inferior	polpa	18,7	18,8*	19,7	17,8	18,4*	18,5	18,1	18,9*	19,1	17,8	15,9*	16,2	18,2	1,1
			superfície	14,6	14,4	14,6	13	13,8	13,4	14,6	14,8	14	10,4	10,6	10,6		
480 min	6,3	Caixas superior	polpa	15,6	15,4*	15,8	15,2	15,6*	15,9	17	16,3*	18,2	12	11,6*	12,1	15,1	2,1
			superfície	14,2	13,8	14,2	14,2	15,8	15	15,8	15,2	16,8	12,8	12,6	12,6		
		Caixas mediana	polpa	16,3	16,4*	16	15,4	14,4*	15,2	18,7	19,7*	19,3	12,1	12,1*	12	15,6	2,7
			superfície	14,2	14,6	14,6	12,8	12,8	12,8	14,4	15,2	15,2	18,8	12,8	12,8		
		Caixas inferior	polpa	14,4	15,2*	16	14,9	14,7*	14,8	14	15,3*	15,5	12	10,8*	11,2	14,1	1,7
			superfície	14,2	14,8	14,6	13,6	13,4	12,8	13,4	13,6	13	12	12	12		

APÊNDICE G – Disposição Y do paletes no final do túnel de resfriamento.

Teste - Caixas GO (túnel de resfriamento)				Caixas													
Tempo	T° ambiente	Situações	T° C	Posição A			Posição B			Posição C			Posição D			Média	Desvio Padrão
				M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
0 min	27	Caixas superior	polpa	23,2	23,2*	23,6	22,6	23,4*	23,5	24	24*	24,3	24,6	23,6	23,8	23,7	0,5
			superfície	25,2	25,2	25,2	24,8	25,4	25	23,6	25,4	25,6	25,6	25,4	25		
		Caixas mediana	polpa	24,9	24,6*	25,1	24,7	24,7*	25,1	25,1	24,9*	25,1	24,8	24,8	24,5	24,9	0,2
			superfície	25,2	25,6	25,6	25,2	25,2	25,8	25,6	25,8	26	25,8	25,6	25		
		Caixas inferior	polpa	26,2	26*	25,8	25,4	25,6*	26,2	25	24,5*	24,8	24,6	23,9	23,8	25,2	0,8
			superfície	25,3	24,7	25,2	24,3	24,7	24,7	25	25,8	25,8	21,6	24,8	24,6		
300 min	6,4	Caixas superior	polpa	19,2	19*	20	17,5	19,8*	20,1	20,3	19,9*	19,9	16,2	15	15,1	18,5	2,0
			superfície	13	13,4	14,4	12,4	14,4	14,8	15,2	14,8	15,4	11,4	11,6	11,2		
		Caixas mediana	polpa	19,3	19,7*	21,3	18,9	19,9*	20,2	20,3	20,6*	22,2	15,5	15	16	19,1	2,3
			superfície	12,2	13,2	13,2	11,8	13,2	14,4	15,4	15,8	16,2	10,8	10,6	11,4		
		Caixas inferior	polpa	18,6	18,9*	19,7	18	18,2*	17,1	18,6	18,5*	18,4	16	15,3	16,2	17,8	1,3
			superfície	14,8	15	16	13,8	13,2	13,6	13,8	14,4	13,6	11,2	10,4	10,8		
480 min	13,8	Caixas superior	polpa	17,4	16*	15,4	16	16,1*	15,8	16,6	17,1*	17,4	13,6	11,6	12,1	15,4	2,0
			superfície	16,6	16,6	16	17,2	17,2	16,8	17,4	18	18,2	16,4	16,2	16,4		
		Caixas mediana	polpa	15,6	16,1*	16,7	16,1	15,3*	16,3	16,7	17,5*	19,1	12,1	11,6	12,1	15,4	2,3
			superfície	15,8	16	15,6	12,2	12,2	12,2	16,4	16,8	17,4	14,8	14,8			
		Caixas inferior	polpa	14,7	15*	15,6	14,6	14*	13,5	14,5	15,1*	15	12,1	10,7	11,3	13,8	1,6
			superfície	13,2	13,2	13,6	13,8	13,6	13,8	14,4	14,6	14,4	13,6	13,6	13,6		

MONITORAMENTO DA QUEDA DE TEMPERATURA DO MAMÃO EM TÚNEL DE AR FORÇADO.

APÊNDICE H – Disposição X do paleta1 no início do túnel de resfriamento.

				Caixas			
Teste- Caixas GO (túnel de resfriamento)				Posição A	Posição B	Posição C	Posição D
Tempo	Temperatura ambiente	Situações	T° C	M2	M2	M2	M2
0 min	28,6	Caixas superior	polpa	24,4	24,7	25,1	25,8
		Caixas mediana	polpa	26,4	25,7	25,1	25,2
		Caixas inferior	polpa	25,3	25,4	25	25
60 min	8,5	Caixas superior	polpa	22,4	22	21,4	22,2
		Caixas mediana	polpa	24,8	24,3	24,2	21,7
		Caixas inferior	polpa	24,1	23,3	23,2	21,9
180 min	4,7	Caixas superior	polpa	18,2	20,1	16,8	18,6
		Caixas mediana	polpa	20	19,8	16,4	21,8
		Caixas inferior	polpa	19,5	18,5	16,8	18,6
240 min	9,3	Caixas superior	polpa	16,7	19	15,7	16
		Caixas mediana	polpa	18,9	19,6	15,1	20,5
		Caixas inferior	polpa	18,2	17,2	15,3	18
300 min	8,5	Caixas superior	polpa	15,1	18,1	13,6	14,5
		Caixas mediana	polpa	17,8	17,8	13,2	19,3
		Caixas inferior	polpa	16,6	15,6	13,3	16,4
360 min	8,6	Caixas superior	polpa	13,9	17,5	12,4	12,1
		Caixas mediana	polpa	16,5	17,3	11,9	18,1
		Caixas inferior	polpa	15,6	15,2	11,7	15,3
420 min	5,7	Caixas superior	polpa	13,6	16,2	11,8	11,8
		Caixas mediana	polpa	15,8	15,8	10,9	16,9
		Caixas inferior	polpa	14,7	14	10,8	14,4
480 min	5	Caixas superior	polpa	11,8	14,8	10,1	11,9
		Caixas mediana	polpa	14,5	15,2	16,1	15,5
		Caixas inferior	polpa	13,6	12,5	9,5	13,2
540 min	4,1	Caixas superior	polpa	11,6	11,7	10,4	11,9
		Caixas mediana	polpa	13,4	14,4	9,7	15
		Caixas inferior	polpa	12,3	11,6	9,2	12,2

APÊNDICE I – Disposição X do palete2 no meio do túnel de resfriamento.

				Caixas			
Teste- Caixas GO (túnel de resfriamento)				Posição A	Posição B	Posição C	Posição D
Tempo	Temperatura ambiente	Situações	T° C	M2	M2	M2	M2
0 min	28,4	Caixas superior	polpa	24,3	26	25,4	24,7
		Caixas mediana	polpa	25,7	25,8	25,6	25,4
		Caixas inferior	polpa	25,4	25,7	25,7	25,3
60 min	9,5	Caixas superior	polpa	22,5	25	22,6	24
		Caixas mediana	polpa	23,9	24,4	23	23,8
		Caixas inferior	polpa	22,9	23,5	23,8	23
180 min	6,6	Caixas superior	polpa	18,6	22,1	18,9	22,4
		Caixas mediana	polpa	20,9	20,1	19,2	22
		Caixas inferior	polpa	18,6	19	18,9	19,1
240 min	6,5	Caixas superior	polpa	17,4	20,3	17,3	20,9
		Caixas mediana	polpa	19,5	18,3	17,8	19,3
		Caixas inferior	polpa	17	17,7	17,3	17
300 min	8	Caixas superior	polpa	16,3	19,1	16,8	19,6
		Caixas mediana	polpa	16,8	17,5	17,1	18,8
		Caixas inferior	polpa	15,8	16,7	16,1	16
360 min	10,5	Caixas superior	polpa	15,7	17,7	15,7	17,6
		Caixas mediana	polpa	15,6	16,5	16,7	17,2
		Caixas inferior	polpa	15,2	15,6	15,1	15,3
420 min	7,9	Caixas superior	polpa	15	16,8	15,4	17,6
		Caixas mediana	polpa	16,3	15,3	15,2	17,7
		Caixas inferior	polpa	14,5	14,5	14,3	13,9
480 min	11,4	Caixas superior	polpa	14	16,3	13	17,4
		Caixas mediana	polpa	14,9	15,2	14	16,9
		Caixas inferior	polpa	13,4	14,1	13	12,9
540 min	5,8	Caixas superior	polpa	13,7	15,7	13	17,5
		Caixas mediana	polpa	14,6	14	12,6	16,5
		Caixas inferior	polpa	12,6	13,2	12,5	12,1

APÊNDICE J – Disposição X do palete3 no final do túnel de resfriamento.

				Caixas			
Teste- Caixas GO (tunel de resfriamento)				Posição A	Posição B	Posição C	Posição D
Tempo	Temperatura ambiente	Situações	T° C	M2	M2	M2	M2
0 min	28,2	Caixas superior	polpa	26,3	26,1	26,1	25,8
		Caixas mediana	polpa	25,4	25,3	26,2	25,3
		Caixas inferior	polpa	25,2	25,2	25	25,3
60 min	9,4	Caixas superior	polpa	24,5	24,5	24,3	24,6
		Caixas mediana	polpa	24,1	23,4	24,8	23,8
		Caixas inferior	polpa	23,5	23,8	23,5	22,3
180 min	9,6	Caixas superior	polpa	21,6	20,4	22,8	20,4
		Caixas mediana	polpa	20,7	19,8	22,5	19,4
		Caixas inferior	polpa	18,4	19,7	19,8	16,1
240 min	6,9	Caixas superior	polpa	20,1	18,7	21,1	18,3
		Caixas mediana	polpa	18,9	18,9	21,4	17,5
		Caixas inferior	polpa	17,6	18,2	18	14,2
300 min	8,4	Caixas superior	polpa	17,8	17,6	18,6	16,9
		Caixas mediana	polpa	17,5	17,7	19,7	16,3
		Caixas inferior	polpa	16	17,4	16,7	12,4
360 min	8,7	Caixas superior	polpa	17,4	16,6	18,6	15,8
		Caixas mediana	polpa	16,4	16,1	19,3	15,1
		Caixas inferior	polpa	15,5	16,5	15,7	11,1
420 min	7	Caixas superior	polpa	16,4	15,4	17,3	15,5
		Caixas mediana	polpa	16,2	15,1	18,3	13,6
		Caixas inferior	polpa	14,6	15,6	15,1	10,4
480 min	12,9	Caixas superior	polpa	15,5	15,2	15,5	15,2
		Caixas mediana	polpa	15,3	14,3	16,8	13,4
		Caixas inferior	polpa	13,6	15,1	14	9,8
540 min	6,4	Caixas superior	polpa	15,4	14,9	15,1	15,2
		Caixas mediana	polpa	15	14,5	16,3	13,1
		Caixas inferior	polpa	13,2	14,4	13,3	9,9