

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DO MAMÃO EM
ATMOSFERA CONTROLADA PARA PRESERVAÇÃO DA
QUALIDADE E REDUÇÃO DO PROCESSO DE AMADURECIMENTO

DERLIANE RIBEIRO MARTINS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
AGOSTO de 2012

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DO MAMÃO EM
ATMOSFERA CONTROLADA PARA PRESERVAÇÃO DA
QUALIDADE E REDUÇÃO DO PROCESSO DE AMADURECIMENTO

DERLIANE RIBEIRO MARTINS

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de doutor em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Eder Dutra de Resende

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
AGOSTO de 2012

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM DO MAMÃO EM
ATMOSFERA CONTROLADA PARA PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE E
REDUÇÃO DO PROCESSO DE AMADURECIMENTO

DERLIANE RIBEIRO MARTINS

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 17 de Agosto de 2012.

Comissão Examinadora:

Psq. Sérgio Agostinho Cenci (D.Sc., Tecnologia Pós-colheita) – EMBRAPA

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Sílvia Menezes de Faria Pereira (D.Sc., Eng. e Ciência dos Materiais) – UENF

Prof. Eder Dutra de Resende (D.Sc., Engenharia Química) – UENF
Orientador

Dedico esta tese àqueles que sempre me apoiaram e acreditaram em mim;
Aos meus pais, João Paulo Martins (*in memoriam*) e Erleani Ribeiro Martins, pelo
exemplo de vida e pelo amor incondicional;
E com muito amor dedico também ao meu marido Júlio Cesar e à filha Sara pela
paciência e compreensão.

“... Para que todos vejam, e saibam e considerem, e juntamente entendam que a
mão do Senhor fez isso...” Isaías 41:20

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois “ refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome”;

Aos meus pais, pela educação e orientação que sempre me foram dadas;

Aos meus irmãos Célia e Fagner, pelo carinho e apoio;

Ao meu marido Júlio César e à minha filha Sara pelo amor, compreensão, companheirismo e paciência;

À minha família que sempre me apoiou e em especial aos meus Tios Jurandir Ribeiro e Adelson Ribeiro que me concederam os frutos (bananas) para realização de testes nesta pesquisa;

Ao meu orientador, professor Eder Dutra de Resende, pelo ensinamento, orientação, amizade, compreensão e confiança;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, por conceder-me a bolsa e pela oportunidade oferecida para o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao pesquisador Dr. Sérgio Agostinho Cenci pela colaboração prestada durante todos estes anos de pesquisa;

A Caliman, pela concessão dos mamões utilizados no experimento e pelo o apoio à pesquisa;

Aos professores José Tarcísio Lima Thiébaud e Geraldo Gravina, pela atenção e orientação estatística;

À professora Selma Bergara pelo apoio e incentivo;

A todos os professores de LTA que de alguma forma me passaram seus ensinamentos e experiências;

Às técnicas do LTA, Sílvia, Valdinéia, Ana Lúcia e a Lanamar pela amizade, carinho, apoio e colaboração;

Ao Paulo, “o secretário”, que tanto nos ajudou e colaborou com sua eficiência;

À coordenação e às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, representados, respectivamente, pela Dra. Cláudia Dolinsk, Patrícia e Fatinha;

A todos os funcionários da UENF, que de alguma forma colaboraram com esta pesquisa;

A todos os meus amigos de Graduação e amigos que aqui fiz: Letícia, Rejane e Vinícios, Poliana e André, Carolina, Jalille, Célia, Laerciana, Cátia, Thaís, Mara, Elzilene, Nayara, Simone, Suelen, Eliana, Jaque, Yaska, Cíntia Machado, Cláudia, Tiago Massi, Pablo Klaver, Alessandra, Renata .

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Aspectos gerais sobre a cultura do mamoeiro.....	5
2.2 Fatores pré-colheita e colheita.....	7
2.3 Bioquímica e fisiologia.....	8
2.4 Atributos de qualidade.....	10
2.4.1 Coloração.....	10
2.4.2 Vitamina C	11
2.4.3 Firmeza.....	12
2.4.4 Sólidos solúveis e açúcares.....	13
2.5 Conservação pós-colheita.....	15
2.5.1 Armazenamento refrigerado.....	15
2.5.2 Atmosfera controlada.....	18
2.5.3 Respiração de frutos armazenados em atmosfera controlada.....	18
2.5.4 Armazenamento em condições extremas de concentração gasosa..	20
2.6. Avaliação sensorial.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Matéria-prima.....	24

3.2 Controle das atmosferas de estocagem.....	26
3.2.1 Controle manual.....	26
3.2.2 Controle automático.....	26
3.2.3 Instrumentação do sistema de medidas dos gases.....	27
3.3 Características das microcâmaras.....	29
3.4 Experimento 1: Caracterização da qualidade dos frutos estocados em diferentes composições de atmosfera controlada.....	30
3.4.1 Armazenamento.....	30
3.4.2 Caracterização física e química dos frutos.....	32
3.4.2.1 Perda de massa.....	33
3.4.2.2 Firmeza da polpa.....	33
3.4.2.3 Sólidos solúveis totais.....	33
3.4.2.4 pH.....	33
3.4.2.5 Acidez titulável.....	34
3.4.2.6. Vitamina C	34
3.4.2.7. Açúcares redutores.....	35
3.4.2.8. Açúcares redutores totais (ART) e Açúcares não redutores ANR)	35
3.4.2.9 Coloração da casca.....	36
3.4.3 Aparência dos frutos.....	36
3.4.3.1 Análise fotográfica.....	36
3.4.4 Análises estatísticas.....	37
3.5. Experimento 2: Caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados em atmosferas controladas.....	37
3.5.1 Considerações.....	37
3.5.2 Armazenamento.....	38
3.5.3. Preparo das amostras para Análise sensorial.....	40
3.5.4. Recrutamento dos consumidores de mamão.....	40
3.5.5. Condições gerais dos testes.....	41
3.5.6. Análise estatística.....	42
3.6 Experimento 3: Estudo da taxa de respiração dos frutos em atmosfera controlada.....	42

3.6.1 Armazenamento.....	42
3.6.2 Método operacional para medida da taxa de respiração.....	44
3.6.2.1 Dimensão e Volume das microcâmaras.....	45
3.6.2.2 Volume do fruto.....	46
3.6.2.3 Determinação da taxa de respiração.....	46
4.6.3 Análise estatística	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Experimento 1: Caracterização da qualidade dos frutos estocados em diferentes composições de atmosfera controlada.....	48
4.1.1 Caracterização física e química dos frutos.....	48
4.1.1.1 Caracterização fotográfica.....	48
4.1.1.2 Cor dos frutos.....	51
4.1.1.2.1 Parâmetros de Hunter L, a, b.....	51
4.1.1.3 Firmeza.....	55
4.1.1.4 Sólidos solúveis totais dos frutos.....	55
4.1.1.5 Açúcares redutores Totais.....	56
4.1.1.6 Açúcares Redutores.....	57
4.1.1.7 Acidez total e pH dos frutos.....	59
4.1.1.8 Ácido Ascórbico dos frutos.....	61
4.2 Experimento 2: Caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados em diferentes atmosferas controladas.....	63
4.2.1 Atributos sensoriais.....	63
4.2.1.1 Aroma.....	63
4.2.1.2 Sabor.....	64
4.2.1.3 Textura.....	66
4.2.1.4 Cor da polpa.....	68
4.2.1.5 Impressão global.....	70
4.2.2 Perda de massa.....	72
4.2.3 Avaliação da cor.....	73
4.3 Experimento 3: Estudo da taxa de respiração dos frutos em atmosfera controlada.....	77
4.3.1 Taxa de respiração.....	77
4.3.2 Avaliação da cor.....	82

4.3.3 Caracterização da perda de massa dos frutos.....	85
5 RESUMO E CONCLUSÕES.....	88
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÊNDICE A.....	106
APÊNDICE B.....	109

RESUMO

MARTINS, Derliane Ribeiro. Eng^a Agrônoma, D.Sc..Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Agosto de 2012. Otimização das condições de estocagem do mamão em atmosfera controlada para preservação da qualidade e extensão da vida útil dos frutos. Orientador: Prof. Eder Dutra de Resende.

O mamão é um fruto climatérico que apresenta alta taxa respiratória e alta produção de etileno após colheita. Estas características lhe conferem uma rápida perecibilidade quando estocados em condições ambientais. Portanto, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida após a colheita, principalmente quando se visa atender os mercados mais distantes. Este trabalho tem o objetivo de avaliar as composições de atmosfera de estocagem do mamão que permitem aumentar a vida útil dos frutos, com preservação da qualidade.

Este trabalho investigou a influência da atmosfera controlada na preservação da qualidade e no prolongamento da vida útil de mamões 'Golden' estocados sob refrigeração. Foram realizados três experimentos para a caracterização da qualidade dos frutos através de avaliações de características físicas e químicas, sensórias e padrões de respiração em condições de atmosfera controlada. Foram utilizadas atmosferas de armazenamento contendo 1%, 3% e 6% de O₂ e 0,1%, 6%, 12,0% e 15% de CO₂, comparando com uma condição de atmosfera ambiente (20,8% O₂ e 0,1% CO₂). Os frutos foram estocados em microcâmaras de atmosfera controlada onde se promoveu também a remoção completa do etileno. As microcâmaras foram mantidas dentro de câmaras de refrigeração controladas na temperatura de 13°C e 85%-95% UR. Na caracterização física e

química dos frutos armazenados sob atmosfera controlada verificou-se que a utilização de baixas concentrações de O_2 e níveis mais elevados de CO_2 foi eficaz para minimizar a taxa de amadurecimento de mamões Golden e para reduzir o ataque de fungos. Mas, mesmo sob o nível mais baixo de O_2 (3%), o aumento no nível de CO_2 até 15% não inibiu o crescimento de fungos. Na caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados sob refrigeração em diferentes atmosferas controladas durante 20 dias e posterior manutenção em atmosfera ambiente a 23°C por seis dias, observou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias de aceitação dos frutos nos diferentes tratamentos, para todos os atributos hedônicos avaliados. De forma geral, os frutos dos tratamentos 1 % O_2 - 12 % CO_2 e 3 % O_2 - 12 % CO_2 foram os menos aceitos e diferiram do controle na maioria dos atributos hedônicos avaliados. Enquanto as médias de aceitação de todos os atributos dos frutos mantidos no tratamento com atmosfera controlada contendo 3 % O_2 - 6 % CO_2 não diferiram ($p > 0,05$) do padrão de qualidade do controle (21 % O_2 - 0,1 % CO_2). Os resultados de avaliação sensorial dos frutos, ao contrário da caracterização química realizada no primeiro experimento, mostraram que frutos armazenados em concentrações de 1% ou 3% de O_2 associados a altas concentrações de CO_2 , obtiveram as menores médias de aceitação e confirmam que a aceitação dos frutos mantidos na atmosfera de 3% O_2 com 6% de CO_2 se aproxima do padrão de qualidade dos frutos do controle. Pode-se afirmar também que somente as avaliações químicas e físicas utilizadas neste trabalho não foram suficientes para detectar distúrbios fisiológicos que alteram a qualidade, sendo necessário uma avaliação sensorial. Na avaliação da taxa de respiração dos frutos em diferentes composições de atmosfera controlada verificou-se que a redução da concentração de oxigênio até o limite de 3 % de O_2 promoveu uma redução drástica na taxa de respiração de tal forma que a taxa de produção de CO_2 ficou com valores próximos àqueles obtidos no início do armazenamento. O aumento da concentração de CO_2 na atmosfera contendo baixo teor de O_2 (3 %) provocou apenas uma redução mínima na taxa de respiração. A redução drástica na taxa de respiração dos frutos armazenados em níveis mínimos de O_2 (3%) provocou uma minimização da perda de massa dos frutos, sendo que o aumento da concentração de CO_2 nestas condições não influenciou na perda de massa. Contudo, o aumento da concentração de CO_2 em atmosferas contendo níveis mínimos de O_2 promoveu

uma redução nos índices de mudança de cor da casca, indicando uma minimização da taxa de maturação dos frutos. Conclui-se que a atmosfera indicada para o armazenamento de mamões Golden deve conter níveis de 3 %O₂ e concentrações de 6 %CO₂, considerando as melhores características físicas e químicas e aceitação sensorial dos frutos, além da redução acentuada da taxa de respiração que permite o aumento do tempo de armazenamento dos frutos.

Palavras-chave: Mamão Golden, atmosfera controlada, características químicas, taxa de respiração, análise sensorial, armazenamento.

ABSTRACT

MARTINS, Derliane Ribeiro. Engineering Agronomist, D.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. August, 2012. Optimization of storage conditions of papaya in a controlled atmosphere to preserve the quality and extending shelf life of fruits. Advisor: Prof. Eder Dutra Resende

Papaya is a climacteric fruit that has a high respiration rate and high ethylene production after harvest. These features give it a rapid spoilage when stored under ambient conditions. Therefore ripening control is essential to increase the life after harvest, especially when it aims to serve more distant markets. This study aims to evaluate the compositions of atmosphere storage of papaya that help increase shelf life of fruits, with preservation of quality. The study investigated the influence of controlled atmosphere to preserve the quality and shelf life of papaya 'Golden' stored under refrigeration. Three experiments were conducted to characterize fruit quality through evaluation of physical and chemical characteristics, sensory and breathing patterns in controlled atmosphere conditions. Were used various combinations of atmospheres storage containing 1%, 3% and 6% O₂ and 0.1%, 6%, 12.0% and 15% CO₂, compared to a condition of the ambient atmosphere (20.8% O₂ and 0.1% CO₂). The fruits were stored in Microcams controlled atmosphere which is also promoted the complete removal of ethylene. The Microcams chambers were maintained in controlled cooling at a temperature of 13°C and 85% -95% RH. In physics characterization and chemistry of the fruit stored under controlled atmosphere was found that the use of low concentrations of O₂ and CO₂ levels higher was effective to minimize the rate of ripening of

papayas Golden and to reduce the attack of fungi. But, even with the lowest level of O₂ (3%), increasing the level of CO₂ to 15% did not inhibit growth of fungi. In the characterization of sensory quality of the fruit stored under refrigeration in different atmospheres and controlled for 20 days later maintained in air at 23 ° C for six days, there was a significant difference ($p \leq 0.05$) between the means of acceptance of the fruits in various treatments for all hedonic attributes evaluated. In general, the fruit of treatments 1% O₂ / 12% CO₂ and 3% O₂ / 12% CO₂ was less acceptable and differ from the control in the majority of hedonic attributes evaluated. While the mean acceptance of all the attributes of the fruit kept in controlled atmosphere treatment containing 3% O₂ / 6% CO₂ did not differ ($p > 0.05$) the standard of quality control (21% O₂ / 0.1% CO₂) The results of sensory evaluation of the fruit, unlike the chemical held in the first experiment showed that the fruit stored in concentrations of 1% or 3% O₂ associated with high concentrations CO₂, had the lowest acceptance means and confirm the acceptance fruit kept in 3% O₂ atmosphere with 6% CO₂ approaches the standard of fruit quality control. You can also say that only the chemical and physical evaluation used in this study was not sufficient to detect physiological disorders affecting the quality, and it is necessary a sensory evaluation. In assessing the rate of respiration of the fruits at different compositions controlled atmosphere was found that the reduction in oxygen concentration to the extent of 3% O₂ promoted a drastic reduction in respiratory rate so that the rate of production of CO₂ had values close to those obtained at the start of storage. Increasing the concentration of CO₂ in the atmosphere with low O₂ (3%) resulted in only a minimal reduction in respiratory rate. The drastic reduction in the rate of respiration of the fruit stored in the minimum levels of O₂ (3%) caused a minimization of weight loss of the fruit, and the concentration of CO₂ under these conditions had no effect on weight loss. However, the increased concentration of CO₂ in atmospheres containing minimal levels of O₂ promoted a reduction in the rates of change of skin color, indicating a minimization of the rate of maturation. It is recommended that the atmosphere for the storage of papaya Golden should contain minimal levels of 3% O₂ and intermediate concentrations of 6% CO₂, considering the best physical, chemical and sensory characteristics of fruits in addition to the marked reduction in the rate of breathing allows for increased storage time of the fruit.

Keywords: Golden Papaya, controlled atmosphere, chemical characteristics, respiration rate, sensory analysis.

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma das principais atividades socioeconômicas da agricultura e segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior - SECEX, o País exportou 800 547 toneladas de frutas frescas em 2010. As principais frutas em termos de valor da produção no Brasil são: laranja, banana, abacaxi, uva, mamão, coco, maçã e manga. Uvas, melões, mangas, maçãs, bananas e mamões papaia foram as principais frutas in natura exportadas pelo Brasil em 2005 (IBGE, 2012; Buainain e Batalha, 2007). O Brasil continua na posição de terceiro maior produtor mundial de frutas, perdendo para China e Índia. No que diz respeito às espécies de clima tropical, o País ocupa o primeiro lugar (Kist, 2012).

A cultura do mamão vem registrando nos últimos anos acréscimos significativos no País, tanto na área cultivada quanto na produtividade, principalmente entre os anos de 1994 a 2005. A produção mundial de mamão, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2010), representa 10% da produção mundial de frutas tropicais, girando em torno de 8 milhões de toneladas, das quais 39% são produzidas na América Latina e Caribe. Os principais produtores mundiais são o Brasil, México, Nigéria, Índia e Indonésia, enquanto os maiores exportadores são o México e a Malásia (Martins, 2003; Kist, 2012).

No Brasil, a área cultivada cresceu de 29,1 mil hectares em 1994 para 33,2 mil hectares em 2005, tendo alcançado em 2008 36,5 mil hectares, com um

valor da produção estimado em R\$ 1 bilhão (IBGE, 2010). Enquanto a área cultivada teve um crescimento médio anual de 1,2% entre 1994 e 2005, a produção de mamão cresceu à taxa de 4,75% ao ano, passando de 945 mil toneladas para 1.574 em 2008 e 1.871 em 2010 (Buainain e Batalha 2007, IBGE, 2012).

As regiões produtoras de mamão no mundo estão localizadas em uma faixa do globo terrestre compreendida entre os trópicos de Câncer e capricórnio, (Alves, 2003). O continente americano tem se mostrado como o principal produtor dessa fruta, em que a metade (53,71%) do volume produzido, ou 2.729.977 toneladas, provém das Américas (Souza, 2000).

Com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Brasil lidera a produção de mamão papaya, assim, nos últimos anos, observa que o País passou a ocupar a posição de segundo maior produtor mundial, com 17% do volume global, superado apenas pela Índia. A mesma colocação foi alcançada pelo Brasil na exportação, passando a Malásia, porém atrás do México, que é favorecido pela forte relação comercial com o Estados Unidos. A venda externa, entretanto, não chega a representar 2% do total colhido nacionalmente. Em 2011, aproximou-se de 29 mil toneladas, 6,52% acima do exportado em 2010, destinando-se principalmente à União Européia. (Kist, 2012).

No Brasil, o mamão é cultivado em todos os Estados da Federação. Na região Nordeste se concentra a maior área de plantio. A região Sudeste é a segunda maior região produtora. Seguem pela ordem as regiões Norte, Sul e Centro-Oeste. O rendimento médio da cultura, considerando a produção de todas as regiões em conjunto, é da ordem de 52,40 t/ha. Na região Sudeste, entretanto, a cultura apresenta um rendimento muito elevado, 68,98 t/ha. Destaca-se nesta região o rendimento das lavouras do Estado do Espírito Santo, onde os plantios de mamão apresentam alta produtividade. (Alves, 2003; EMBRAPA, 2012).

Para manter e aumentar as exportações de mamão, o Brasil desenvolveu um Programa Especial de Produção de Mamão, adotado amplamente no Estado do Espírito Santo, denominado “System Approach”, que permite exportar a fruta sem que seja realizado tratamento quarentenário (Alves, 2003). A delimitação de índices residuais de defensivos presentes na fruta brasileira tende a ser fundamental para que se possa manter um controle total destas. O consumidor final não quer apenas um produto em condições de ser consumido, mas, procura

um produto que possua uma ótima aparência, sabor, higiene, disponibilidade, além de outros requisitos que exigem cuidados especiais dos produtores e ações dos agentes comerciais, de modo que lhes garanta um produto confiável para sua saúde e com qualidade (Amaro e Caser, 2003)

Quanto à exportação brasileira de mamão, a sua maior parte se dá na forma de fruta fresca, exigindo cuidados especiais na fase de produção, colheita, pós-colheita e, particularmente no transporte, o qual deve ser realizado sob refrigeração.

Os produtos frutícolas por serem vivos continuam a sua atividade respiratória e outros processos metabólicos associados à maturação e senescência, mesmo dentro de embalagens e sob atmosfera modificada. Para cada produto, embalagens específicas, concentrações de gases, temperatura de armazenamento, enfim, as condições de armazenamento devem ser adequadas para que se tenha um prolongamento da vida útil, preservando suas características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais.

O mamão é um fruto climatérico que apresenta alta taxa respiratória e alta produção de etileno após colheita. Estas características lhe conferem uma rápida perecibilidade quando estocados em condições ambientais. Portanto, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida após a colheita, principalmente quando se visa atender os mercados mais distantes (Resende, 2003).

A utilização de atmosferas controlada ou modificada é uma das tecnologias de conservação de frutos mais importantes. A aplicação de técnicas combinadas de conservação envolvendo, por exemplo, o abaixamento de temperatura e a utilização de atmosfera modificada, possibilita o prolongamento da vida de pós-colheita do mamão, viabilizando, portanto, a comercialização dos frutos "in natura" em mercados mais distantes (Paull et al., 1995).

Contudo, a definição da composição gasosa da atmosfera de armazenamento é bastante complexa, sendo que frutos de diferentes variedades apresentam respostas fisiológicas diversas quando expostos sob mesmas concentrações de O₂, CO₂, ou etileno (Saltveit, 2003).

Segundo Fonseca (2002), os mamões 'Golden' e 'Sunrise Solo' apresentam maior incidência de microrganismos na atmosfera de 3% de O₂ e 3% de CO₂ comparado com a atmosfera de 3% de O₂ e 6% de CO₂, mantidos a 10°C,

em atmosfera com absorvedor de etileno. No entanto, quando se avaliaram duas épocas de colheita e armazenamento sem o absorvedor de etileno, verificou-se que os frutos provenientes de colheitas de verão apresentaram maior incidência de microrganismos e perda de massa em atmosfera contendo 3% O₂ e 6% CO₂.

Segundo Martins (2005), composições de atmosfera com concentração de O₂ menor do que 3% provocam distúrbios fisiológicos nos frutos, sendo agravados pelo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera de armazenamento. Para composições de atmosfera entre 3% e 5% de O₂ não foram identificados distúrbios físicos e químicos da polpa, sendo que o aumento da concentração de CO₂ favorece a extensão da vida útil dos frutos. Entretanto, tais observações foram baseadas apenas em análises de firmeza de polpa, acidez e conteúdo de sólidos solúveis do suco. Contudo, essas variáveis não atestam fielmente a qualidade da polpa, ou mesmo, a ocorrência de distúrbios fisiológicos que alteram a qualidade química e organoléptica do produto após o armazenamento.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as composições de atmosfera de armazenamento do mamão que permitem aumentar a vida útil dos frutos, com preservação da qualidade para atender os mercados externos distantes e mais exigentes.

A pesquisa investiga a qualidade do mamão armazenado em diferentes composições de oxigênio e gás carbônico, determinando o conteúdo de acidez, pH, vitamina C, açúcares, sólidos solúveis totais, coloração dos frutos, firmeza e análise sensorial dos mamões Golden. Além, de avaliar a taxa de respiração dos frutos em diferentes atmosferas de armazenamento para auxiliar em aplicações de embalagens de atmosfera controlada e identificar a atmosfera ótima que permite a preservação da qualidade dos frutos por longos períodos de armazenamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do mamoeiro.

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) não teve seu centro de origem precisamente determinado, sendo esta questão discutida por muitos anos. Alguns autores mencionam o fato desta espécie ser originária do sul do México, enquanto outros autores sugeriram as terras baixas da América Central Oriental e as Antilhas (Costa e Pacova, 2003). O centro de origem do mamoeiro é, muito provavelmente, o noroeste da América do Sul, o qual se apresenta como centro de origem de outras espécies do mesmo gênero.

A maioria das espécies do gênero *Carica* se concentra na vertente oriental dos Andes, com diversidade genética máxima na Bacia Amazônica Superior, sendo o mamoeiro caracterizado, portanto, tipicamente tropical (Costa e Pacova, 2003).

O *Carica papaya L.* é o mamoeiro cultivado comercialmente. Ele pertence à família Caricaceae, a qual está dividida em cinco gêneros, com 34 espécies (Dantas e Neto, 2000). O mamão é uma espécie bastante disseminada em regiões edafoclimáticas favoráveis, sendo que sua distribuição pode se estender desde a latitude de 32 graus Norte até 32 graus Sul, porém as áreas comerciais se encontram distribuídas em latitudes mais restritas (Costa e Pacova, 2003).

As variedades de mamoeiro são classificadas em dois grupos: Solo e Formosa. O grupo Solo, no qual se encontra a maioria das cultivares de mamoeiro utilizadas no mundo, apresenta frutos com peso médio de 350 a 600 g. O grupo Formosa é composto por mamoeiros híbridos que apresentam frutos com peso médio de 800 a 1100g (EMBRAPA, 2009). O grupo “Solo”, onde se encontra a maioria das cultivares de mamão utilizadas no mundo, apresenta no Brasil um domínio quase que absoluto de duas cultivares, ‘Sunrise Solo’ e ‘Improved Sunrise Solo’. Os frutos desta variedade são pequenos, de polpa firme, cor vermelha e sabor agradável (Brasil, 1994).

O fruto é uma baga, nasce do caule ou de pedúnculo longo (macho), é arredondado, cilíndrico ou piriforme e amarelo ou alaranjado quando maduro; polpa de consistência suave e sucosa, cor salmão, vermelha e até amarela com até 1.000 sementes negras que se inserem na cavidade interna do fruto (SEAGRI, 2009).

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya L.*) está difundida em regiões que apresentam clima tropical, pluviosidade elevada, solos férteis e bem drenados (Marin et al., 1996). Os solos devem ser de textura média, com pH na faixa de 5,5 a 6,7 (EMBRAPA, 2009). A temperatura pode variar entre 22 e 26°C (21 a 33°C), chuvas entre 1.500 a 1.800 mm (1.200 a 2.000 mm) anuais, umidade relativa do ar entre 60% e 80%, luminosidade acima de 2.000 horas/luz/ano; a altitude ideal de 200 m. (nunca acima de 800 m) (SEAGRI, 2009). Por ser uma planta muito exigente em temperaturas altas, o mamoeiro quando cultivado em lugares com temperatura média em torno de 25° C, normalmente produz frutos de excelente sabor, com alto teor de sólidos solúveis, especialmente açúcares, tem rápido crescimento vegetativo, precocidade e grande rendimento de frutos por hectare (Manica, 1982).

Até fins da década de 70, predominavam no Brasil, cultivos de mamoeiros dioicos ou “comum” e o Estado de São Paulo destacava-se como o principal produtor, porém a ocorrência do vírus do mosaico, na região de Monte Alto –SP, determinou a migração da cultura para outros estados (Ruggiero, 1980, citado por Marin e Silva em 1996).

A partir de 1976/77, a cultura retomou sua importância econômica no Brasil, principalmente devido à introdução de cultivares havaianos do grupo solo e

híbridos chineses do grupo formosa, notadamente nos Estados do Pará, Bahia e Espírito Santo (Marin et al., 1995).

O mamão é cultivado em todos os estados da Federação. A área plantada com mamão vem ocupando em torno de 33 mil hectares em todo o País, com produtividade média de 50 t/ha. Destacam-se as regiões Nordeste e Sudeste, a primeira com maior área e a segunda com maior rendimento. A Bahia ocupa a primeira posição no *ranking* nacional, respondendo por quase 50% da produção, seguida de Espírito Santo (31%), Ceará e Rio Grande do Norte (ambos perto de 6%). Em 2009, os baianos produziram 891,2 mil t.e, em 2010, a estimativa passava de 910 mil t.(Kist, 2012)

2.2. Fatores pré-colheita e de colheita

Diversos fatores, relacionados à fase pré-colheita e de colheita, influenciam na composição e qualidade dos produtos agrícolas. Os fatores pré-colheita podem predispor desordens subsequentes no desenvolvimento das frutas e são determinados pela posição da fruta na planta, pelas características do local de produção, carga de colheita, nutrição mineral e teor de carboidratos no desenvolvimento das frutas, relações de água e resposta a temperaturas, além das práticas culturais (Ferguson et al., 1999; Senhor, 2009).

A tecnologia utilizada na pré-colheita, colheita e pós-colheita é responsável em grande parte pela qualidade final do fruto, porém, é necessário enfatizar que os métodos empregados nas duas últimas fases não melhoram a qualidade da fruta, mas retardam o processo de senescência, garantindo conservação mais apropriada e, conseqüentemente, oferecendo um tempo de comercialização mais prolongado (Gonçalves e Carvalho, 2002).

Em estudos sobre a influência de fatores pré-colheita na textura de frutos e legumes, Sams (1999) relatou a importância dos fatores abióticos (umidade do solo, temperatura, umidade relativa e disponibilidade de nutrientes), bem como, a variabilidade genética e característica de cada cultivar na influência exercida sobre a textura de frutos e legumes. Como exemplo, o mamoeiro pode apresentar maior ou menor crescimento e produtividade, de acordo com as estações do ano, o que implica dizer, diferentes condições de radiação solar, umidade, precipitação e temperatura, que são elementos climáticos de grande interferência na planta do

mamoeiro (Falcão et al., 2002). Fontes et. al (2012) ao avaliar o efeito de alguns aspectos do manejo da cultura do mamoeiro como espaçamento e nível de adubação NPK, sobre alguns atributos de qualidade dos frutos do híbrido do grupo 'Formosa' UENF/CALIMAN-0, mostraram que, entre as condições de espaçamento e níveis de adubação NPK testados, as combinações 1,80 m ou 2,25m X adubação NPK convencional (80% do padrão da empresa), obtiveram o melhor desempenho e frutos de melhor qualidade.

Segundo Sams (1999), a influência de qualquer fator externo pode afetar a textura de frutos e legumes causando modificações nas organelas celulares e componentes bioquímicos, conteúdo de água ou turgor, e na composição da parede celular. Ao estudar as diferenças de qualidade, no mamão Formosa, em diferentes épocas do ano, Fioravanço et al.. (1994) mostraram que a firmeza do fruto foi maior em novembro, a acidez foi menor em abril e o peso dos frutos foi maior nos meses de outubro, dezembro e abril, entre outubro de 1991 e junho de 1992.

Quanto às práticas de adubação, realizadas em mamoeiro “kapoho Solo”, utilizando cálcio, nitrogênio e potássio, como nutrientes, geraram frutos mais firmes que o controle e ocorreu um menor desenvolvimento da coloração da casca e da polpa quando se utilizou adubações nitrogenadas. Observou-se ainda, que a absorção de cálcio no mamoeiro, que influencia a firmeza dos frutos, pode ser regulada pela temperatura, níveis de outros minerais como o nitrogênio e o potássio, umidade relativa e idade das plantas (Qui et al., 1995).

O manejo adequado dos perecíveis, além de permitir um padrão adequado de qualidade, possibilita a redução de perdas de produtos nas diferentes etapas da cadeia produtiva, principalmente nas fases de colheita e pós-colheita (Balbino, 2003). Thompson e Lee (1971) notaram que frutos colhidos verdes maduros, ainda que possuam uma vida de prateleira maior, não amadurecem plenamente, tendo menores teores de sólidos solúveis, matéria seca e sabor e aroma inferiores.

2.3. Bioquímica e fisiologia

Encerrada a fase de desenvolvimento do fruto, quando suas células adquirem o tamanho máximo, tem início o processo de maturação e

amadurecimento, seguido de senescência e morte. No processo de amadurecimento dos frutos, ocorre uma sequência integrada de mudanças. A mudança na coloração, perda de firmeza, concentração de açúcares e compostos aromáticos e outros atributos característicos evidenciam o amadurecimento e determinam as características de qualidade dos frutos (Kerbaui, 2008; Watada et al., 1984).

Na vida do fruto, a maturação ocorre antes que seu desenvolvimento completo seja atingido, independente da planta mãe. Após a maturação, não há mais aumento no tamanho do fruto. É uma etapa intermediária entre o final do desenvolvimento e o início da senescência, sendo um processo normal e irreversível (Chitarra; Chitarra, 2005). O fruto de mamão possui período de desenvolvimento variável, dependente de fatores do meio. Quanto ao crescimento, o mamão apresenta a fase inicial estacionária, seguida de período de crescimento exponencial, finalizando com nova fase estacionária (Balbino e Costa, 2003).

O amadurecimento é considerado como o aprimoramento do conjunto de processos que ocorrem desde os últimos estádios de desenvolvimento, até as etapas iniciais da senescência, resultando em características de estética e de qualidade para o fruto. Nessa fase, há um aprimoramento das características sensoriais, ou seja, sabores e odores específicos desenvolvem-se em conjunto com o aumento da doçura, com a redução da acidez e da adstringência. O fruto torna-se mais macio e mais colorido em decorrência da degradação da clorofila e do desenvolvimento acentuado de pigmentos carotenoides e ou flavonoides (Chitarra; Chitarra, 2005).

O mamão é um fruto de padrão respiratório do tipo climatérico, onde, o máximo do pico climatérico é alcançado aproximadamente, em condições de temperatura ambiente, um dia antes do grau de maturação de consumo (Plaza, 1989). Os frutos climatéricos são aqueles capazes de desenvolver o processo de amadurecimento após a colheita e que, de modo geral, respondem à ação do etileno, com conseqüente incremento na taxa respiratória, em um processo autocatalítico. Além disso, a maioria de frutos e outros órgãos climatéricos, apresentam incrementos na produção de etileno após a colheita, seguidos pela indução da taxa de respiração. (Rombaldi, 2009, Chitarra; Chitarra, 2005).

A classificação dos frutos como climatéricos ou não climatéricos é essencial para definir o ponto de colheita e técnicas de manipulação e de

armazenamento que possam ser usadas para prolongar a vida pós-colheita (Archbold & Pomper, 2003). O ponto de colheita é um dos principais fatores na qualidade do fruto e para sua definição, deve-se levar em consideração, a distância e a exigência do mercado consumidor, bem como o meio de transporte. Frutos destinados à exportação por via marítima, via regra, são colhidos no estágio inicial de maturação (com 10% da coloração da casca amarela) podendo ser colhidos em estágio mais maduro quando utilizado o transporte aéreo (Balbino, 2003).

Como índice de colheita e padronização para comercialização, são usadas propriedades do fruto como o teor de sólidos solúveis totais, que permite estimar o conteúdo de açúcar do fruto, e a coloração da casca para estimar o estágio de amadurecimento do fruto. Assim, os frutos podem ser colhidos com 6 a 33% da superfície da casca amarelada, considerando a distância entre a região produtora e o mercado consumidor, além, da infraestrutura de transporte e armazenamento e o tempo para a comercialização e consumo. Deve-se buscar sempre associar o estágio de maturação do fruto com o respectivo teor de sólidos solúveis e com a sua posterior capacidade de conservação (Balbino, 2003).

2.4 Atributos de qualidade

2.4.1 Coloração

No decorrer do processo de amadurecimento, a maioria dos frutos sofre alterações na cor, especialmente na cor da casca. As mudanças de coloração são resultantes, principalmente da degradação da clorofila, mas também, é resultado da síntese de pigmentos como carotenoides e antocianinas (Tucker, 1993). Silva e Medina (1997), estudando as alterações bioquímicas durante o desenvolvimento do mamão “Sunrise solo”, encontraram, que na casca, o incremento nos teores de clorofila foi mais rápido do que nos de carotenoides. Outra diferença entre estes dois pigmentos, é que a clorofila após alcançar o teor máximo passou a se degradar, atingindo valores mínimos aos 135 dias após a antese, enquanto que os carotenoides acumularam-se até alcançar o teor máximo aos 118 dias após a antese, permanecendo estáveis durante o processo de

maturação que se completou aos 135 dias após a antese.

As mudanças de coloração são resultantes, principalmente da degradação da clorofila, mas também, é resultado da síntese de pigmentos como carotenoides e antocianinas (Tucker, 1993). Autores mostram que frutos de mamão colhidos fisiologicamente maduros com a coloração verde-escura apresentarão baixa qualidade organoléptica. Segundo Akamine e Goo (1971), os frutos de mamão 'Solo' podem ser colhidos quando apresentarem 6% da superfície da casca com coloração amarela, pois neste ponto possuem teor de sólidos solúveis de aproximadamente 11,5%, considerado como mínimo aceitável. A perda da clorofila é um fenômeno natural em frutos colhidos, os quais continuam a respirar e tendem a amarelecer (Fioravango et al., 1994).

2.4.2 Vitamina C

Com o amadurecimento, em grande parte dos frutos, o teor de ácidos orgânicos diminui devido à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório e nas reações de síntese de novos compostos. Essas mudanças na acidez são importantes no desenvolvimento do sabor característico dos frutos (Kays, 1991). A partir dessas variações no conteúdo dos ácidos orgânicos e da relação com o teor de açúcares, o sabor dos frutos e as propriedades do *flavor* da polpa podem ser significativamente afetados (Pangborn, 1963). Em frutos de maracujá amarelo, a qualidade tecnológica exigida pelos mercados "in natura" e para fins industriais, deve apresentar acidez total titulável entre 3,2 e 4,5% e conteúdo de sólidos solúveis - °Brix, oscilando de 15 a 16% (Ruggiero et al., 1996).

O mamão é um fruto que possui baixa acidez, em geral, o ácido ascórbico representa 18% da acidez titulável, enquanto, o ácido cítrico, málico e alfa-cetoglutarico representam em conjunto aproximadamente 67% do total de ácidos no fruto (Chan et al., 1971). Vinci et al. (1995), analisando os níveis de ácido ascórbico em frutas exóticas (abacate, uva, kiwi, manga, mamão, maracujá, abacaxi), constataram que estas frutas contêm níveis relativamente altos deste ácido, e que, após um período de uma semana em processo de maturação artificial, ocorre uma perda notável (30 a 40%) do conteúdo do ácido no fruto.

Em experimentos com mamão proveniente da Austrália, Wills e Widjanarko (1995) observaram que durante o processo de maturação, ocorreu um aumento da acidez, do teor de sólidos solúveis totais, bem como, o aumento nos teores de ácido Ascórbico e Carotenoides. De acordo com Oliveira (1994), o mamão apresenta teor de ácido ascórbico entre 35 mg e 50 mg por 100 gramas de polpa e ainda apresenta teores relativamente altos de provitamina A, atingindo entre 1980 a 3100 UI por 100 gramas de polpa. Pal et al.,(1980), estudando a composição de 12 variedades de mamão, verificaram que os mamões do grupo Solo foram os que apresentaram teores mais elevados de ácido ascórbico, em média 102 mg 100g⁻¹ quando maduros.

1.4.3 Firmeza

No processo de amadurecimento do mamão, é observada redução da firmeza de sua polpa, sendo atribuída à ação de enzimas pécticas sobre substâncias pécticas da parede celular. Chan Jr et al. (1981), observaram que essas enzimas hidrolisam as ligações glicosídicas das substâncias pécticas, resultando no amaciamento do fruto.

Os principais fatores que depreciam a qualidade de mamões na pós-colheita são o rápido amolecimento e a elevada incidência de podridões. Segundo Lazan et al. (1989), em frutos de mamão 'Solo', a atividade da poligaracturonase aumenta durante o amadurecimento, ao mesmo tempo em que ocorre o amaciamento e o aumento dos níveis de poliuronídeos, sendo que, outras enzimas podem estar envolvidas no processo de amaciamento; como ocorre com a β -galactosidase que aumenta a atividade com o amadurecimento. Lazan et al.. (1995), constataram que a β -galactosidase esta associada ao amaciamento da polpa do mamão e que provavelmente complementa a ação da poligalacturonase.

De acordo com Manrique e Lajolo (2004), a pectinametilesterase participa do processo de amolecimento dos frutos, desesterificando o polímero de ácido galacturônico (pectina), enquanto a poligalacturonase catalisa a hidrólise das ligações β -1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina. Paull et al., (1999), investigando as mudanças que ocorrem na parede celular de frutos de mamão cv 'Sunrise' durante o seu amadurecimento, relataram que em frutos mais verdes as moléculas de pectina encontravam-se maiores e a

firmeza do fruto era de 334 N. Já em frutos com 30% de coloração amarela, um terço das moléculas de pectina encontravam-se com dimensões menores e a firmeza era a mesma. Finalmente em frutos com 100% de coloração amarela e grande parte das moléculas de pectina degradadas a tamanhos médios e pequenos, a firmeza do fruto caiu a 20 N, constatando que o amadurecimento do fruto acompanhado do amolecimento da polpa ocorre devido às mudanças drásticas na estrutura e composição da pectina e da hemicelulose.

2.4.4 Sólidos solúveis e açúcares

O mamão (*Carica papaya* L.) constitui uma das espécies tropicais de maior variabilidade em qualidade, perecibilidade e susceptibilidade a doenças e alterações fisiológicas (Plaza, 1989). No amadurecimento do mamão foram observadas diversas mudanças em seus constituintes, tais como, a degradação da clorofila e síntese de carotenoides na casca (Birth et al., 1984), degradação da pectina levando à perda da firmeza (Lazan et al., 1989), aumento no teor de ácidos orgânicos e vitamina C (Draetta et al., 1975), entre outros.

Estudando o metabolismo da sacarose em mamão durante seu desenvolvimento, Zhou e Paull (2001), observaram que após a maturação das sementes, entre 100 e 140 dias após a antese, deu-se início o acúmulo de açúcares na polpa do fruto. A atividade de sacarose-fosfato sintase permaneceu baixa ao longo do desenvolvimento do fruto, enquanto que, a atividade da sacarose sintase encontrava-se alta no décimo quarto dia após a antese, diminuindo a menos de um quarto em 56 dias após a antese e permanecendo constante durante o resto do desenvolvimento do fruto. A atividade da invertase ácida é baixa em frutos mais verdes e começa a aumentar 90 dias após a antese, alcançando níveis dez vezes mais altos em 125 dias após antese.

Os sólidos solúveis tendem a aumentar seus valores com o avanço da maturação. Eles indicam a quantidade de sólidos com açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas que se encontram dissolvidos na polpa da fruta ou suco. A acumulação de açúcares solúveis ocorre principalmente quando o fruto de mamão se encontra ainda ligado à planta (Chitarra, 2005). De acordo com Selvaraj (1982), em mamões que permaneceram na árvore, o conteúdo de sacarose aumentou de 2 a 5 vezes aos 110 dias após a antese,

coincidindo com a época de mudança de cor da casca. Embora menos pronunciada, a quantidade de frutose também aumentou após os 110 dias. Zhou e Paull (2001) observaram que o acúmulo de açúcares no mamão começou entre os 100 e 140 dias após a antese.

Estudando frutos de mamão "Solo", no Havaí, Akamine e Goo (1971), constataram que o teor máximo de sólidos solúveis em frutos com 80% de coloração amarela na casca é de 14,5°Brix e que, para se alcançar este índice durante o armazenamento, o fruto deveria ser colhido com, no mínimo, 33% de coloração amarela na casca. Além disso, Wills e Widjanarko(1995) constataram em mamões da Austrália, maior valor de sólidos solúveis em frutos com 100% de coloração amarela na casca.

Os teores de açúcar existentes nos frutos têm um importante papel nas características referentes ao sabor, sendo, um dos fatores de padrão de qualidade do fruto fresco e de seus produtos. Segundo Gómez et al. (1999), após a colheita do mamão, a fonte de carbono para a síntese de sacarose, é proveniente da galacturose, cujo teor na parede celular diminui durante o amadurecimento. Além disso, citam que frutos de mamão medianamente e completamente maduros são classificados como mais doces que os frutos verdes, sendo que possuem os mesmos teores de açúcares solúveis, concluindo então, que o sabor mais adocicado de frutos está associado à hidrólise de polissacarídeos da polpa do fruto, resultando em uma maior liberação destes açúcares pelas células. Richimond et al.. (1981) analisando quantidades de açúcares simples em frutos maduros, encontraram em polpa fresca de mamão teores de 2,34% de frutose, 2,48% de glicose e 4,43% de sacarose.

Outro carboidrato que tem um importante papel no padrão de qualidade de vários frutos é o amido. No mamão, os teores de amido verificados durante o seu desenvolvimento são extremamente baixos (Selvaraj et al.,1982). Wills et al. (1981) descreveram que a redução no teor de amido pode ocorrer por hidrólise durante a fase climatérica, promovendo a sua conversão a açúcares.

2.5. Conservação pós-colheita

2.5.1. Armazenamento refrigerado

Os processos de conservação visam minimizar a intensidade do processo vital dos frutos e hortaliças, através da utilização de condições adequadas, que permitam uma redução no metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do produto (Chitarra e Chitarra, 1990). Alguns perecíveis de clima tropical são danificados quando submetidos a baixas temperaturas durante o armazenamento. Na prática, a temperatura mínima para armazenamento de frutos de mamoeiro é determinada por sua susceptibilidade à injúria por frio (Balbino, 2003). Segundo Chen e Paull, (1986), as injúrias pelo frio se caracterizam por sintomas semelhantes às escaldaduras na casca, às áreas endurecidas na polpa ao redor dos feixes vasculares, à presença de tecido aguado na polpa, ao atraso e à desuniformidade no amadurecimento, às pequenas depressões na superfície e ao aspecto desidratado.

Outro sintoma comum do “chilling” em frutos é o escurecimento da polpa e da casca e o aparecimento de coloração, sabores e odores diferentes (Chitarra e Chitarra, 1990).

Para o armazenamento de mamão, geralmente utiliza-se temperaturas na faixa de 9 a 12° C. Segundo Kader (1999), a temperatura adequada para mamão papaya verde maduro (25% de coloração amarela de casca) é de 13° C, para frutos parcialmente maduros (de 25% a 50% de coloração amarela de casca) 10°C e frutos maduros (com mais de 50% de coloração amarela de casca) 7°C , além de umidade relativa, na câmara, variando de 90 a 95%. Chen e Paull, (1986), verificaram que frutos verdes fisiologicamente maduros eram mais sensíveis ao chilling e apresentavam injúrias após 10 dias de armazenamento a 2°C, enquanto em frutos com 60% de superfície amarela esses sintomas só se manifestavam após 17 dias de armazenamento. Verificaram ainda que o pré-condicionamento de frutos de mamoeiro a 12,5°C, por quatro dias, antes do armazenamento a 2°C, reduzia a sensibilidade ao chilling. O fato ocorrido foi associado com um amadurecimento parcial do fruto. Em pêssegos, a injúria pelo frio é um fator limitante no armazenamento destes frutos, em baixas temperaturas

como 2,5°C, normalmente a injúria pelo frio é mais intensa (Fernandez-Trujillo e Cano, 1998).

Segundo Almeida (2005), na temperatura de armazenamento de 13°C ocorrem variações mais significativas nas medidas de acidez, sólidos solúveis totais, pH, na região do mesocarpo externo. Na parte mais interna do mesocarpo os frutos apresentam uma maturação mais avançada, com maiores índices de sólidos solúveis totais, menor acidez, maior pH e menor firmeza durante todo o período de amadurecimento. Entretanto, essas variações foram minimizadas a 6°C devido ao efeito de redução da atividade metabólica pelo abaixamento da temperatura.

Durante o armazenamento do mamão sob refrigeração, várias alterações metabólicas podem ser observadas, como mudança na taxa respiratória, na perda de massa, no conteúdo de clorofila e carotenoides na casca e na firmeza da polpa. Segundo Abou Aziz et al. (1975), ao prolongar o período de armazenamento do mamão a 10°C, verificou-se um efeito significativo no aumento da perda de massa do mamão, sendo esta perda gradual nos primeiros 12 dias. Pinto (2003) observou que mamões 'Golden', mantidos em atmosfera modificada, apresentaram taxa de perda de massa constante durante os 32 dias de armazenamento em temperatura de 10°C.

Em frutos de mamão "Golden", Fonseca (2002) observou que ao final dos 20 dias de armazenamento sob atmosfera controlada (3% de O₂ e 3% de CO₂; 3% de O₂ e 6% de CO₂), os frutos apresentaram-se menos firmes e mais pigmentados. Quanto às modificações na coloração da casca de frutos de mamão, Abou Aziz et al. (1975) verificaram que a elevação da temperatura ambiente de 10 para 15°C acelerou o desenvolvimento da cor da casca dos frutos e constataram que o conteúdo de clorofila decresceu com o prolongamento do período de armazenamento e pela elevação da temperatura.

Silva et al. (2003) observaram em mamão cv 'Golden' estocados a 13°C, que as médias do parâmetro de Hunter "L" dos frutos aumentaram progressivamente com o amadurecimento, tanto para a região exposta quanto para a região não exposta ao sol, sendo observado também que a região exposta ao sol apresentou valores de "L" maiores do que a região não exposta, ao longo do período de armazenamento. No caso dos frutos armazenados a 6°C, observou-se também a mesma diferença entre as duas regiões de exposição,

entretanto a temperatura inibiu o processo de amadurecimento e, conseqüentemente a evolução da cor.

2.5.2. Atmosfera controlada

O armazenamento pela atmosfera controlada visa o prolongamento da vida pós-colheita de produtos, através do controle dos gases no meio do armazenamento, reduzindo o teor de oxigênio e elevando o teor de dióxido de carbono na câmara, além da remoção do etileno (Chitarra e Chitarra, 1990). O mamão é um fruto climatérico, que após a colheita e durante o processo de amadurecimento, apresenta um aumento na liberação de CO₂ e consumo de O₂, ocorrendo também aumento da taxa de emissão de etileno, durante o período do climatério.

No processo do amadurecimento a maioria dos frutos desenvolve mudanças na coloração, textura e sabor, porém, deve-se ter uma atenção maior a duas principais classificações dos frutos, climatéricos e não climatéricos, pois estas são utilizadas para distinguir os frutos no padrão respiratório e na produção de etileno (Lelievre et al., 1997). Fonseca (2002) avaliando mamões 'Sunrise' e 'Golden', colhidos em duas épocas diferentes (verão e inverno) sob duas atmosferas controladas a 10° C, constatou que em frutos provenientes de colheitas de verão estocados em atmosfera de 3% de O₂ e 6% de CO₂ durante 20 dias houve maior incidência de microrganismos e perda de massa, em relação a frutos colhidos no inverno. Segundo Bleinroth (1995), existem limites mínimos e máximos, para redução da concentração de O₂ e elevação da concentração de CO₂, para que sejam evitados danos fisiológicos e respiratórios aos frutos.

Baixas temperaturas também podem causar distúrbios fisiológicos, como dificuldade de amadurecimento, escurecimento da polpa e lanosidade. Contudo, a atmosfera controlada reduz a incidência desses distúrbios, além de diminuir a produção e ação de etileno, pois o CO₂ age como inibidor competitivo (Anderson e Penney, 1975).

Ma e Chen (2003) estudando as desordens de armazenamento e o comportamento de maturação de peras (cv. Doynne du Comice) em relação às condições de armazenamento, observaram que quando esses frutos foram armazenados a 0,5 e 1% de O₂ a -1°C durante cinco meses, ocorreu uma maior

incidência de escurecimento de polpa em comparação com os frutos armazenados em concentrações de 1,5 e 2,0% de O₂. Concluíram ainda, que frutos armazenados em concentrações de 1% de O₂ e 0,1% de CO₂ ou 2% de O₂ e 1% de CO₂ durante três meses a -1°C são capazes de amadurecer normalmente sem que haja qualquer desordem fisiológica.

Em frutos de limão, altos níveis de O₂ (34, 1, 67, 5, 99 k Pa) induziram um aumento na taxa respiratória, já em cerejas, os níveis de O₂ (30,50, 75 e 100 k Pa) não apresentaram efeito significativo na respiração destes frutos. (Kader e Bem-yehoshua, 2000). Frutos de Saskatoon, cultivar Northline, apresentam taxa respiratória 15% menor que a cultivar Smoky, quando submetidos à atmosfera contendo 2% de O₂, sendo esta condição fundamental para que ocorra uma redução na produção de etileno e na respiração de frutos armazenados a 4 ° C (Rogiers e Knowles, 1998).

Agar et al., (1997) estudando, o efeito de níveis de O₂ e de CO₂ sobre o teor de vitamina C em frutos de algumas espécies, sugerem que altas concentrações de CO₂ reduzem os teores desta vitamina, sobretudo em morangos, devido à oxidação do ácido ascórbico e, ou, inibição da redução de ácido mono ou hidroascórbico a ácido ascórbico.

2.5.3. Respiração de frutos armazenados em atmosfera controlada

Inúmeras tecnologias têm sido aplicadas para retardar o processo de amadurecimento e prolongar a vida pós-colheita de frutos, entre estas técnicas pode-se destacar o armazenamento refrigerado, em atmosfera controlada e modificada. Dentre os sistemas citados, a atmosfera controlada apresenta maior efeito sobre o controle do amadurecimento dos frutos (Chitarra e Chitarra, 1990).

A técnica de atmosfera controlada tem como principal objetivo a redução, a um valor mínimo, das trocas gasosas relacionadas à respiração do produto. As baixas concentrações de O₂ e aumento de CO₂ no ambiente sob atmosfera controlada reduzem a síntese de etileno, diminuindo sua ação sobre o metabolismo dos frutos. O efeito da redução do O₂ atua na inibição da cadeia respiratória, em que o O₂ é necessário no processo oxidativo. A ação do CO₂ ocorre no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, inibindo diversas enzimas e reduzindo a

atividade deste ciclo e, conseqüentemente, do metabolismo do fruto (Chitarra, 1998)

Em estudos realizados com bananas de cultivar Prata Anão, Santos et al., (2006) observaram, que em atmosfera controlada nas combinações 2 kPa de O₂ + 4 kPa de CO₂ e 3 kPa de O₂ + 7 kPa de CO₂ ocorreu um retardo no início do amadurecimento, baseando-se na cor da casca, durante 11 dias, e combinação 4 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂ retardou esse início durante 8 dias. A AC nas combinações 2 kPa de O₂ + 4 kPa de CO₂ e 3 kPa de O₂ + 7 kPa de CO₂ é mais eficiente no retardo do amadurecimento de banana Prata Anã armazenada a 12,5°C ± 0,5°C e 98% ± 1,0 % UR. De acordo com Mahajan e Goswani (2001), a respiração é mais influenciada pela temperatura de armazenamento, pelos níveis de O₂ e CO₂ e pelo etileno, do que pelo estágio de maturação dos frutos.

O mamão por ser um fruto climatérico, apresenta atividade metabólica após a colheita, ocorrendo transformações químicas juntamente com a respiração (Bleinroth, 1988). Após a colheita do fruto fisiologicamente maduro, estes passam por transformações rápidas que são resultantes do amadurecimento, desencadeadas pela produção do etileno e aumento da atividade respiratória. Esse comportamento caracteriza como um fruto bastante perecível em pós-colheita (Paull, 1993).

Yang e Hoffman (1984), descreveram a via de biossíntese do etileno, onde, o aminoácido metionina, precursor biológico do etileno, é convertido em etileno pela via de biossíntese. Na primeira reação, o S-adenosil-metionina (SAM) é convertido em aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) pela ação da enzima ACC sintetase (ACCS). O ACC é então metabolizado pela enzima ACC oxidase (ACCO), por uma reação de oxidação que necessita de O₂ e ferro, e que é ativada pelo CO₂ para produzir etileno. Segundo Watada (1986), o etileno, mesmo em baixas concentrações (0,1ml/l), pode favorecer o amadurecimento e surgimento de desordens fisiológicas. Em estudos de armazenamento em atmosfera controlada de mangas de cultivares Kent e Tommy Atkins, Beder e Brecht, (2000) observaram que em atmosferas de CO₂ superiores a 25%, por 14 ou 21 dias, os frutos tiveram incrementos na atividade respiratória e no metabolismo anaeróbico, indicando claramente uma intensa anaerobiose, evidenciada pela presença de aroma típico de tecido em fermentação.

A atmosfera controlada pode trazer efeitos benéficos, como diminuição da taxa respiratória, retardamento do climatério e ampliação da conservação do fruto (Anderson, 1979). Contudo, observa-se que frutos expostos a altas concentrações de CO₂ e baixas de O₂, podem ter os seus tecidos danificados pelo metabolismo anormal, ocasionando o acúmulo de produtos metabólicos prejudiciais, que podem dar origem ao escurecimento no tecido do fruto (Wankier et al., 1970).

2.5.4. Armazenamento em condições extremas de concentração gasosa

A implantação do sistema de controle atmosférico pode ser adotada, quando é possível a extensão do período de conservação do fruto, sem que haja o comprometimento da qualidade sensorial. Segundo Kubo et al. (1990), o mecanismo pelo qual altas concentrações de CO₂ estimulam a respiração aeróbica provavelmente envolve a inibição de enzimas do ciclo dos ácidos tricarboxílicos, especialmente a succinato-deidrogenase.

Lara et al. (2003) verificaram em frutos de pêra da mesma cultivar, uma diminuição na produção de compostos voláteis quando armazenados em longo prazo a baixas concentrações de O₂. Relataram ainda, que a inibição da biosíntese de voláteis através da atmosfera controlada, e causado principalmente por substrato/precursor limita as enzimas (lipoxigenase, descarboxilase piruvato, deidrogenase de álcool, e *o*- aciltransferase) em vez de degradá-las ou inativá-las.

Na ausência de oxigênio, fermentação alcoólica, as enzimas de piruvato descarboxilase e álcool desidrogenase atuam sobre o piruvato, produzindo ao final, etanol e CO₂ (Taiz & zeiger, 2004). No trabalho de Beder & Brecht, (2000), observaram que frutos expostos a tratamentos com mais de 50% e 70% de CO₂, após a transferência para ar a 20°C, obtiveram um contínuo incremento na produção de etanol, acompanhado por um decréscimo na atividade respiratória, podendo então, ser decorrência de dano irreversível na estrutura dos mitocôndrios, em consequência da prolongada exposição a extremas concentrações de CO₂.

Frutos desenvolvendo respiração aeróbica apresentam valores de quociente respiratório entre 0,7 e 1,3, dependendo do substrato que está sendo predominantemente utilizado no processo (Kader, 2000). Em resultados obtidos

com cultivares de maçã Gala, “Jonagold” e “Fuji”, sob condições de anaerobiose, Saquet & Streif (2002) observaram que houve uma redução no consumo de O_2 sem ocorrer redução na produção de CO_2 , afirmando então, que o quociente respiratório, relação entre produção de CO_2 e consumo de O_2 , é um parâmetro utilizado para melhor observar a provável ativação das vias fermentativas durante o armazenamento.

Estudando melhores condições atmosféricas para o quiwi cultivar “Bruno, Steffens et al. (2007), constataram que a melhor condição a $0^\circ C$ é a de 1kPa de O_2 + 8kPa de CO_2 . A incidência de degenerescência e de aroma alcoólico na polpa do quiwi “Bruno” possui correlação positiva com o quociente respiratório e negativa com a respiração dos frutos e o O_2 abaixo de 1kPa induz a formação de sabor alcoólico nos frutos e o CO_2 acima de 8kPa causa uma alta ocorrência de degenerescência da polpa. Segundo Kader (1999), para mamões do grupo Solo, as atmosferas recomendadas são de 3% a 5% de O_2 e de 5% a 8% de CO_2

Em três cultivares de morango (Diamante, Selva e Aroma) sob alta concentração de CO_2 – 20 K Pa a $5^\circ C$, Pelayo et al. (2003) observaram que houve um aumento da vida pós-colheita dos frutos, onde a firmeza e a coloração externa destes se mantiveram estáveis durante 15 dias de armazenamento. Porém, o sabor dos frutos foi alterado, ocorrendo modificações nos teores de açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos.

2.6. Avaliação Sensorial

De acordo com a ABNT (1993), a análise sensorial é utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e materiais percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

Muitas vezes a avaliação sensorial é considerada como “o estudo da resposta humana a um produto visando responder questões fundamentais ao desenvolvimento, à manutenção e ao posicionamento de um produto no mercado. Uma definição bastante completa refere-se à análise sensorial como ciência, consistindo de “métodos e técnicas que envolvem psicologia, estatística, ciência de alimentos, química e outras ciências biológicas, matemáticas e humanas” (Faria, 2008).

Métodos sensoriais, apropriados a cada situação, são aplicados com o objetivo de medir reações produzidas pelas pessoas ao ingerir os alimentos. Entre vários testes, os que envolvem consumidores, testes afetivos, são importantes ferramentas, pois obtêm diretamente a opinião (preferência ou aceitação) do consumidor em relação a ideias, características específicas ou globais de determinado produto (Meilgaard et al., 2006; Faria, 2008).

Santana et al. (2004), utilizando a escala hedônica estruturada de nove pontos, avaliaram a aceitação sensorial de doze diferentes genótipos mamão quanto a aparência, aroma, sabor e textura, com delineamento em blocos incompletos. Foi constatado que os frutos dos genótipos CMF012 e CMF031 obtiveram maiores médias de aceitação dos avaliadores, para o atributo sabor, correspondentes a 7,0 - "gostei moderadamente". Quanto à textura de polpa, as mais firmes obtiveram melhor aceitação e o genótipo MF031 foi o mais aceito pelos provadores e apresentou os maiores valores de sólidos solúveis (^oBrix) e ácido ascórbico, podendo, então, ser considerado o mais promissor e com bom potencial para o mercado de fruta fresca e para industrialização.

O mamão passa por inúmeras transformações durante o seu processo de amadurecimento, onde, as de maior importância são as de significância para o consumidor, como as mudanças na coloração, aroma, sabor e na textura, que correspondem às principais transformações bioquímicas de interesse comercial (Bleinroth e Sigrist, 1995). A coloração das frutas tropicais é extremamente apelativa e indutora de aparência, servindo de critério na avaliação visual utilizada pelos consumidores para determinar o grau de maturação e aparência geral da fruta. Estudando genótipos melhorados de mamão, Santana et al. (2004) observaram que as maiores médias de aceitação para o atributo cor foram obtidas pelos frutos dos genótipos que apresentaram coloração vermelho-alaranjada. Na comercialização de abacaxi, grande parte dos consumidores prioriza a coloração da fruta, seguida da firmeza da polpa, do tamanho e da aparência (Miguel et al., 2007). Na avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*, Berili, et al. (2011) constataram a importância da coloração da polpa na intenção de compra da fruta pelo consumidor.

Corrêa (2011) investigou o efeito de condições de atmosfera controlada e atmosfera modificada ativa, associadas ao manejo do etileno, sobre a manutenção da qualidade em ameixas 'Laetitia' e constatou na avaliação

sensorial, que as frutas armazenadas em atmosfera refrigerada apresentaram rejeição superior a 90%, quando avaliadas em termos de cor da polpa. Os tratamentos de atmosfera modificada + baixo etileno e atmosfera controlada + 1-MCP proporcionaram aceitabilidade dos frutos superior a 50 e 80%, respectivamente. Com relação ao sabor, os frutos armazenados nessas condições apresentaram aceitabilidade de 70%. E relataram ainda, que esses resultados evidenciam que o manejo do etileno durante o armazenamento exerce boa influência na aceitabilidade do fruto pelo consumidor, como resultado da preservação do sabor e da aparência.

Castricini et al. (2012), estudaram o efeito de três diferentes níveis de fécula de mandioca e carboximetilamido (1, 3 e 5%) nas características sensoriais de mamão Golden durante o armazenamento, concluíram por meio de teste de comparação múltipla, que os atributos de aparência foram mais afetados pelos revestimentos de fécula de mandioca e carboximetilamido que os atributos de sabor. Os revestimentos com concentrações de 3 e 5% mantiveram a cor verde nos frutos e sabor menos característico e gosto amargo foram identificados nos frutos revestidos por fécula de mandioca e carboximetilamido a 5% aos 12^o e 14^o dias de armazenamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima.

Os mamões da cultivar 'Golden' utilizados neste experimento foram selecionados na linha de operação de embalagem da Empresa Caliman Agrícola S.A, situada no município de Linhares – Espírito Santo. Os frutos foram colhidos com aproximadamente 10 a 15% de coloração amarela na casca (estádio 1) e peso médio de 350 g.

Na Caliman os frutos foram lavados em água clorada, para total remoção de impurezas do campo. Após a lavagem, os frutos passaram por tratamento hidrotérmico (48°C/20 minutos). Essa etapa é conhecida também como tratamento quarentenário, exigência do Programa Papaya do APHIS-USDA para total desinfestação dos frutos de mamoeiro da mosca das frutas. Posteriormente, os frutos passaram pelo banho de resfriamento (12°C/ 20 minutos), e por um sistema de aspersão com fungicida (Thiabendazole ou Prochloraz - de acordo com mercado de destino). Após estes procedimentos, realizou-se a secagem com ar seco e seleção dos frutos.

Em salas refrigeradas a 16°C, os frutos foram selecionados mecanicamente por peso e posteriormente por estágio de maturação (estádio 1), através de um painel de operadores. Por fim, os mamões foram embalados com

papel de seda e acondicionados em caixa de papelão ondulado de 3,5 Kg, paletizado, e armazenados a 10°C. O transporte dos frutos foi feito em caminhões refrigerados a 10°C até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, onde os experimentos foram conduzidos após 48 horas da colheita.

No Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CCTA), os frutos foram inspecionados para evitar qualquer defeito de injúria mecânica e marcados para identificação além da marcação da face de exposição ao sol. Posteriormente, foram tratados com solução de hipoclorito (100 ppm de cloro ativo) por 15 minutos e secos ao natural antes de serem colocados nas microcâmaras de atmosfera controlada, previamente higienizadas com solução de hipoclorito (200 ppm de cloro ativo) e esterilizadas com solução (500ml formaldeído, 500ml água, 250gr de permanganato de potássio) de formaldeído 50% (Figura 1).

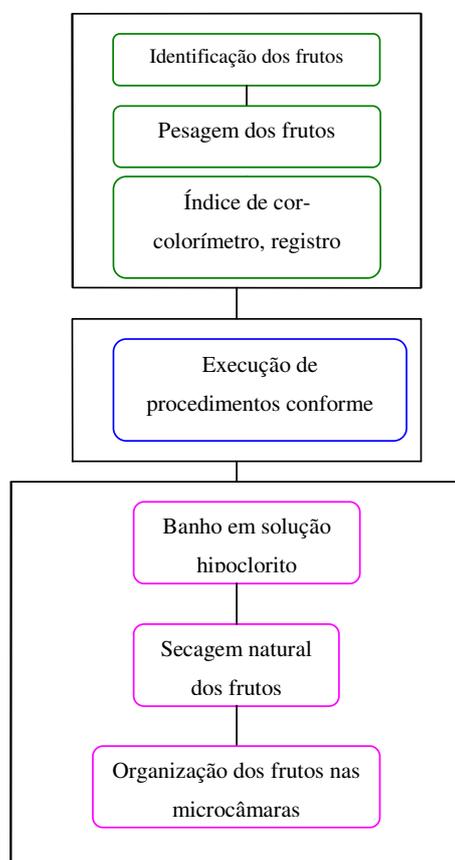


Figura 1 - Fluxograma representativo das etapas de preparação dos frutos para o armazenamento

As microcâmaras possuem estantes de aço inoxidável com bandejas perfuradas que permitem o arranjo dos mamões sem ocorrer amassamentos e facilitam a circulação interna de ar por meio de um ventilador.

3.2. Controle das atmosferas de armazenamento

3.2.1. Controle manual

A operação de funcionamento das microcâmaras consiste primeiramente no controle manual, que tem como objetivo calibrar as atmosferas das microcâmaras de acordo com a concentração desejada. Este controle manual permite a injeção de O_2 , CO_2 e N_2 e a adsorção do CO_2 nas microcâmaras. Para se chegar a níveis pouco superiores ao valor pré-fixado de O_2 são feitas injeções do gás nitrogênio (N_2) na microcâmara, e posteriormente injeções de CO_2 para alcançar níveis desejados do mesmo. Este procedimento só é realizado após o armazenamento dos frutos nas respectivas microcâmaras e a perfeita vedação das mesmas.

3.2.2. Controle automático

O controle automático é ativado após todas as microcâmaras terem sido ajustadas manualmente conforme descrito acima. Este controle consiste de um sistema automático onde se define o tempo de injeção de O_2 , N_2 e CO_2 e também a adsorção de CO_2 e C_2H_4 . Estes valores são ajustados ao longo do armazenamento conforme a taxa de respiração dos frutos, possibilitando um ajuste fino da concentração dos gases nas microcâmaras.

A adsorção do CO_2 é obtida pela passagem do gás em um tanque (0,7 x 0,41 x 0,4m) contendo uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 30% PA, enquanto a adsorção do gás C_2H_4 é realizada através da passagem do gás das microcâmaras em colunas de permanganato de potássio.

De acordo com as configurações utilizadas neste trabalho, a cada 220 segundos foi realizada a leitura da concentração de O_2 e CO_2 na microcâmara correspondente e a posterior correção das concentrações nos níveis prefixados. Neste experimento, cada microcâmara foi programada para permitir a correção

automática da concentração dos gases em aproximadamente 10 minutos. Desta forma, a atualização da concentração foi promovida em intervalos de 100 minutos, correspondentes ao controle de 10 microcâmaras empregadas no experimento. A adsorção de C_2H_4 foi conduzida durante 2 minutos em cada microcâmara, possibilitando uma adsorção de aproximadamente 12 ppm do gás em cada intervalo de adsorção. O esquema operacional do sistema de microcâmaras de atmosfera controlada está indicado na Figura 1.

3.2.3. Instrumentação do sistema de medidas dos gases

As concentrações dos gases O_2 e CO_2 em cada microcâmara foram obtidas através de um analisador de gases. A concentração de O_2 foi determinada por meio de um sensor paramagnético, tipo zircônio acoplado ao sistema, medindo a difusão do gás em coluna a partir de uma placa de zircônio aquecida a $80^\circ C$. O sistema foi previamente calibrado com padrões de 0%, 5% e 20,9% de O_2 . A concentração de CO_2 é determinada por um sensor infravermelho acoplado ao sistema e previamente calibrado com padrões de 0%, 15,8% e 50% de CO_2 . Os resultados, tanto para O_2 como para CO_2 , foram expressos em $\% Kg^{-1} h^{-1}$, com uma precisão de 0,01%.

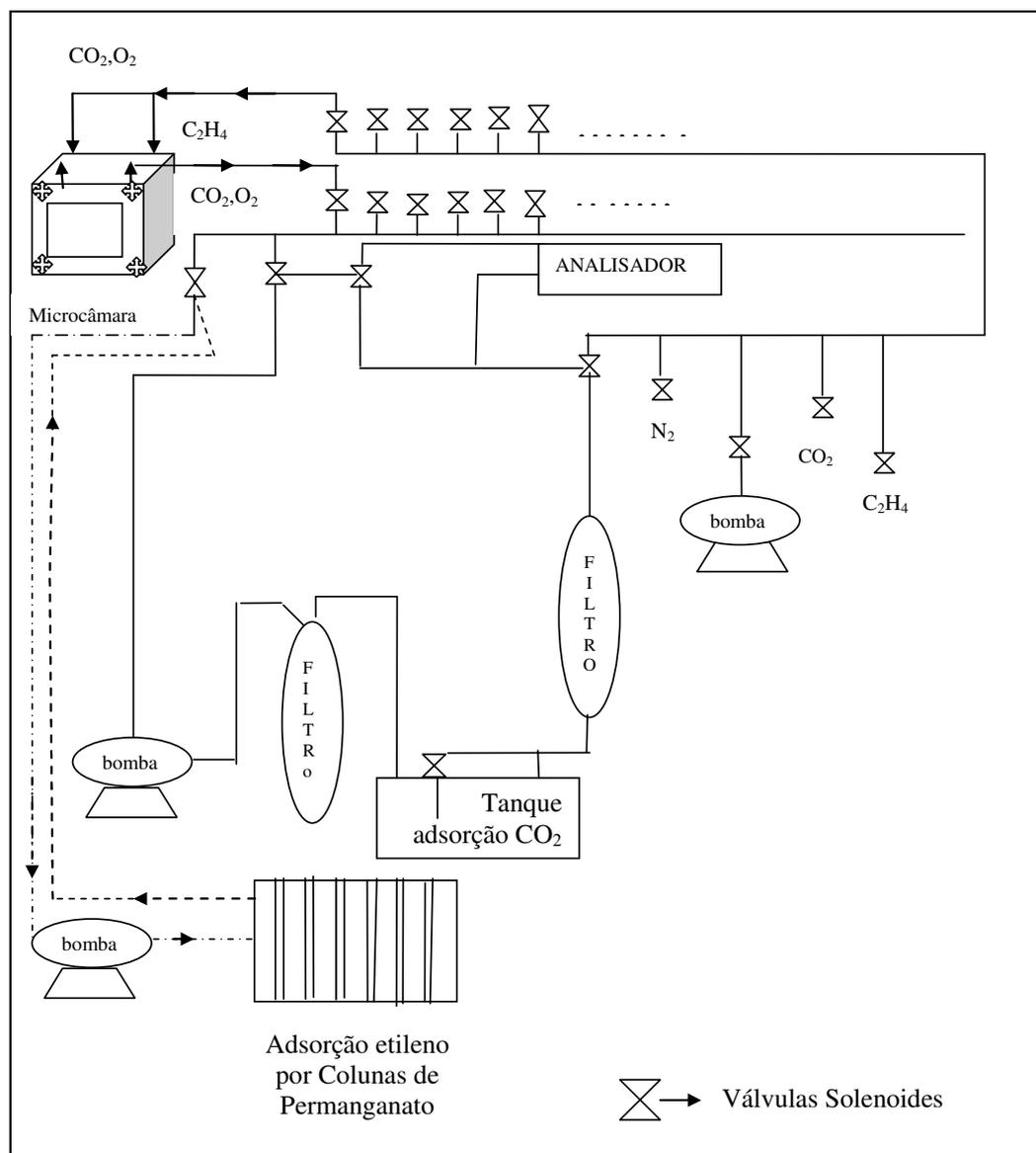


Figura 2 - Esquema representativo do funcionamento das microcâmaras de atmosfera controlada.

3.3.Características das microcâmaras

As microcâmaras possuem medidas de profundidade de 65,7 cm e altura 39,0 cm, apresentando volume de 92,42 L e portas de altura 39,0 cm, largura de 38,8 cm e profundidade de 2,7 cm, com volume de 40,86 L.

No interior de cada microcâmara tem-se uma estante de aço inoxidável composta por três prateleiras perfuradas de área 1023 cm², e diâmetro 1,69 cm, de volume 17,28 L. As estantes possibilitam o arranjo em monocamada de frutos e a circulação interna de ar, sendo esta, garantida por pequenos ventiladores instalados na parte superior do fundo de cada microcâmara (Figura 3).



Figura 3 – Microcâmara fechada com frutos (a), microcâmara aberta com frutos na estante (b) e microcâmara aberta com estante e ventilado instalado na parte superior.

Qualquer umidade condensada na base das microcâmaras não fica em contato direto com os frutos, servindo apenas para assegurar uma alta umidade relativa no seu interior.

Para atender aos objetivos propostos neste trabalho, o experimento foi montado em 3 subexperimentos, utilizando-se matéria-prima colhida em diferentes épocas do ano, porém adotando-se sempre um tratamento de controle em cada subexperimento para caracterizar qualquer efeito de época de produção.

3.4 – Experimento 1: Caracterização da qualidade dos frutos estocados em diferentes composições de atmosfera controlada

3.4.1 Armazenamento

As microcâmaras foram configuradas para manter as concentrações dos gases conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Combinação das concentrações de O₂ e CO₂ nas microcâmaras de armazenamento dos frutos, mantidas sob condições de adsorção de etileno.

Concentrações dos gases nas microcâmaras		
Tratamentos	% O₂	% CO₂
1	3%	6%
2	3%	10%
3	3%	15%
4	6%	6%
5	6%	10%
6	6%	15%
7	20,8%	0,1%
Controle	20,8%	0,1%

As microcâmaras foram mantidas em câmara de refrigeração a 13°C e 85-95%UR. A umidade relativa no interior das microcâmaras ficou em equilíbrio com a umidade dos frutos, tendo em vista que o sistema é hermeticamente fechado. As microcâmaras são dotadas de estantes de aço inoxidável perfurado que possibilitam o arranjo em monocamada de frutos e a circulação interna de ar. Qualquer umidade condensada na base das microcâmaras não fica em contato direto com os frutos, servindo apenas para assegurar uma alta umidade relativa no seu interior. Os frutos do tratamento e do controle foram mantidos na câmara de refrigeração a 13°C e 85-95%UR, arranjados apropriadamente sob estantes de aço inoxidável com bandejas perfuradas.

Em cada tratamento foram empregados 40 frutos com padrão de maturação inicial definido como uma pinta amarela (10 a 15 % de coloração amarela da casca). Inicialmente foi caracterizada a massa dos frutos, a coloração

da casca pelo colorímetro de Hunter, a aparência geral pela análise de imagem fotográfica. Após a sanitização, secagem natural e delimitação da face de exposição ao sol os frutos foram armazenados nas microcâmaras previamente sanitizadas. Testes de vedação das portas foram conduzidos com injeção de oxigênio, antes de iniciar o ajuste das concentrações dos gases no interior das microcâmaras.

Após 30 dias de armazenamento os frutos foram retirados das atmosferas. Metade destas amostras (20 frutos de cada tratamento) foi avaliada com respeito à qualidade física e química, no momento de remoção das atmosferas, e a outra metade foi mantida sob as estantes metálicas colocadas no interior da câmara fria, nas mesmas condições dos frutos do tratamento de controle (13°C e 85-95 %UR) por mais sete dias, quando foram avaliadas a aparência, a coloração da casca, e as demais análises físicas e químicas que determinam a qualidade dos frutos. O objetivo de manter os frutos do tratamento nas mesmas condições dos frutos do controle, após 30 dias de armazenamento, foi simular o tempo entre a chegada do fruto ao mercado exterior até a venda ao mercado varejista e assim, caracterizar suas alterações químicas e físicas após sete dias em atmosfera ambiente a 13°C.

A caracterização da qualidade foi feita pelas análises de aparência geral dos frutos (registros fotográficos), coloração da casca, perda de massa, análise de firmeza da polpa, conteúdo de acidez total e pH, conteúdo de sólidos solúveis totais, açúcares redutores e não-redutores e vitamina C.

3.4.2 – Caracterização física e química dos frutos

Os frutos tiveram suas extremidades descartadas utilizando-se somente a parte central do mamão (Figura 4).

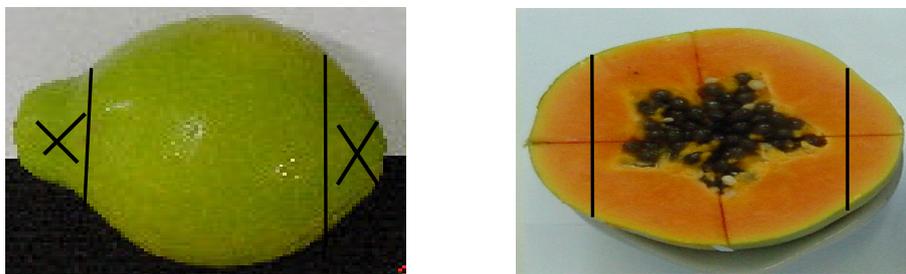


Figura 4 – Esquema de amostragem dos frutos caracterizando as extremidades descartadas (a), parte do mamão utilizada para análises (b).

As amostras do fruto para proceder às análises físicas e físico-químicas foram cortadas em pequenas partes e acondicionadas em tubos de centrífuga, devidamente identificados, e posteriormente estocadas em freezer da marca Cònsul 470, mantido a -20°C . Após o descongelamento em água corrente as amostras foram trituradas e homogeneizadas em Turratéc TE 102 (triturador e homogeneizador) da marca TECNAL em velocidades de 14000 e 18000 rpm por um minuto cada, e a 28000 rpm por dois minutos, sendo em seguida avaliadas quanto ao conteúdo de Sólidos Solúveis Totais (SST), vitamina C, medidas de pH e Acidez Total, açúcares redutor e total (Figura 5).



Figura 5 - Homogeneizador Turratéc TE-102 (a); Refratômetro digital Atago (b); potenciômetro, determinação da acidez total e sistema de agitação (c).

3.4.2.1 Perda de massa

A pesagem dos frutos foi realizada em balança eletrônica GEHAKA, modelo BC 2000, com capacidade para 2.020 g e precisão de 0,01 grama. Os resultados foram expressos em gramas.

3.4.2.2 Firmeza da polpa

As medidas de firmeza da polpa foram realizadas com base na resistência à penetração com auxílio de um penetrômetro digital da marca Turoni, modelo 53205, com sonda de 8 mm de diâmetro. Os frutos foram partidos transversalmente na região equatorial e as medidas foram realizadas em dois pontos equidistantes na metade externa (mais próxima da casca). Os resultados são expressos em Newton (N).

3.4.2.3 Sólidos solúveis totais

Para determinação do conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), cerca de 5 gramas de amostras da polpa homogeneizada foi filtrado em pano de algodão. As medidas foram conduzidas em um refratômetro digital ATAGO modelo PR 201, que forneceu medidas diretas em graus Brix, calibrados a 20°C.

3.4.2.4 pH

As determinações de pH foram realizadas em solução de aproximadamente 5 g da polpa descongelada e homogeneizada em Turratec TE 102, da marca TECNAL a 25000 rpm por dois minutos e transferida para um erlenmeyer de 250ml, com o volume completado para 150ml com água destilada.

O pH foi medido usando um pHmetro WTW, modelo 330 SET-1, calibrado com solução padrão pH 7 e 4, através da imersão direta do eletrodo na solução homogeneizada.

3.4.2.5 Acidez titulável

A acidez titulável foi realizada de acordo com o método AOAC (1977). As amostras de polpa de mamão foram descongeladas e homogeneizadas (Turratec TE 102, da marca TECNAL a 14000 rpm por um minuto, e a 28000 rpm por dois minutos) e 5 g de amostra de polpa (medidos em balança analítica de marca Gehaka modelo AG 200) foram colocados em erlenmeyer de 250 ml, sendo o volume completado para 150ml com água destilada. A titulação potenciométrica foi acompanhada com auxílio de um pHmetro até atingir o pH 8,2. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico, conforme a seguinte fórmula:

AT (% ácido cítrico) = $V \times f \times N \times E \times 100/P$, em que:

V = volume de NaOH gasto na titulação (ml);

f = fator de correção da normalidade de NaOH;

N = normalidade do NaOH (0,1N);

P = massa de polpa (g);

E = meq do ácido cítrico.

3.4.2.6 Vitamina C

A quantificação do ácido L-ascórbico foi feita pelo método titulométrico com 2,6-dicloroindofenol (Cunniff, 1998), substituindo-se o ácido metafosfórico 10% por ácido oxálico 1%. As amostras foram descongeladas e homogeneizadas (Turratec TE 102, da marca TECNAL a 14000 rpm por um minuto, e a 28000 rpm por dois minutos) e 10 g da amostra de polpa de mamão (medidos em balança analítica de marca Gehaka modelo AG 200) foram colocados em erlenmeyer de 250 ml, sendo o volume completado para 150ml com ácido oxálico 1%. A titulação foi feita com solução de 2,6 -diclorofenol-indofenol. Os cálculos foram realizados segundo Carvalho et al.. (1990) e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

3.4.2.7 Açúcares redutores

A determinação dos açúcares redutores foi feita através do método Eynon Lane, que consiste na preparação de partes iguais de duas soluções A (sulfato de cobre) e B (tartarato duplo de sódio e potássio), constituintes do licor de Soxlet. O título do licor foi determinado com auxílio de uma solução de 5% de glicose.

Foi realizada a titulação dos açúcares redutores contidos em solução de 8g de polpa de mamão homogeneizadas (Turratec TE 102, da marca TECNAL a 14000 rpm por um minuto, e a 28000 rpm por dois minutos) e medidos em balança analítica de marca Gehaka modelo AG 200), adicionando 20 mL de água destilada. O licor de Soxlet em ebulição em manta aquecedora foi titulado com esta solução até o desaparecimento completo da cor azul e a formação do precipitado vermelho tijolo de Cu_2O , resultante da redução do Cu^{++} pelos açúcares redutores presentes na amostra. Os resultados obtidos foram expressos em gramas de AR por 100 mL de suco.

3.4.2.8 - Açúcares redutores totais (ART) e Açúcares não redutores (ANR)

A determinação dos ART foi feita após a hidrólise em meio ácido, conforme método de Eynon Lane. Em um balão volumétrico de 50mL adiciona-se 8g da amostra de mamão homogeneizados (Turratec TE 102, da marca TECNAL a 14000 rpm por um minuto, e a 28000 rpm por dois minutos) e medidos em balança analítica de marca Gehaka modelo AG 200 e 2 mL de HCl 2N. Esta mistura foi aquecida em banho-maria (67°C a 70°C por 5 minutos) e imediatamente resfriada com água corrente. Adicionou 3ml de NaOH 1N e completou-se o volume da solução com água destilada. A determinação de ART foi obtida pela titulação da solução, conforme descrito anteriormente e os resultados foram expressos em gramas de ART por 100 mL de suco.

A determinação dos açúcares não redutores foi feita através da diferença dos redutores totais pelos açúcares redutores antes da inversão da sacarose.

3.4.2.9 – Coloração da casca

A coloração da casca dos frutos foi determinada por reflectometria através do colorímetro Hunter modelo Hunterlab Miniscan Spectrophotometer. As medidas foram feitas em dois pontos equidistantes da parte equatorial dos frutos exposta e não-exposta ao sol. Os resultados foram expressos pelos parâmetros de Hunter “L” (luminosidade), “a” e “b” (cromaticidade). Na escala de Hunter, o parâmetro “L” indica a luminosidade variando de zero (para amostra perfeitamente preta – mínima refletância) e 100 (para amostra perfeitamente branca – máxima refletância). O parâmetro “a” indica variações na faixa de cor verde (sinal negativo) ao vermelho (sinal positivo) e o parâmetro “b” representa as variações na faixa de cor azul (sinal negativo). Valores de “a” e “b” iguais a zero equivalem à cor cinza.

3.4.3 Aparência dos frutos

3.4.3.1 Análise fotográfica

A investigação da incidência de microrganismos ou qualquer outro distúrbio de cor na superfície foi obtida a partir de uma análise de aparência por registro fotográfico da área superficial do fruto. O procedimento consiste no registro fotográfico das duas faces de exposição dos frutos ao sol, mantendo uma mesma distância de foco, utilizando uma máquina fotográfica da marca Sony e modelo MVC-FD 92.

O aparato para obtenção das fotografias consiste em uma caixa de papelão com dimensões de 45 x 35 x 72 cm, quatro lâmpadas dicróicas de 20 Watts presas a um suporte de madeira, mantidas a uma distância de 20 cm do fruto e dispostas uma em cada lado do aparato. Utiliza-se um suporte de isopor para sustentação da máquina fotográfica com uma distância de foco de 17 cm e cartolina de cor preta no fundo da caixa para padronizar as condições do experimento.

3.4.4 Análises estatísticas

Os dados foram interpretados por análise simples estatística e as características analisadas foram avaliadas considerando uma população infinita de frutos, segundo o método de amostragem simples ao acaso (ASA), considerando o nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste por intervalo de confiança.

A amostra ideal foi dimensionada para população infinita de frutos considerando além do nível de significância, o desvio de 10% em torno da média amostral, para todas as características analisadas. Os resultados foram processados por meio do programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG, 2007).

3.5. Experimento 2: Caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados em atmosfera controlada

3.5.1. Considerações

Para a elaboração deste delineamento foram necessárias algumas considerações e estudos preliminares ocorridos no experimento de controle de qualidade e atmosfera, onde foram analisadas as características físico-químicas dos frutos de cada tratamento (Experimento 1). Após esta avaliação foram escolhidas as atmosferas (3%O₂ – 6%CO₂ e 3%O₂ – 12%CO₂), que permitiram uma maior conservação do fruto mantendo os valores físicos e químicos mais próximos do ideal, segundo a literatura, para o consumo “in natura” e junto a estas, outra atmosfera em condição extrema para detectar possíveis distúrbios fisiológicos nos frutos (1%O₂ – 12%CO₂). Para este experimento foram selecionados frutos com estágio de maturação 2, a fim de assegurar uma condição fisiológica que permitisse alcançar um padrão de qualidade sensorial adequado ao final do experimento. Os frutos dos tratamentos ficaram 20 dias em atmosfera controlada a 13°C e 90% de umidade relativa e posteriormente seis dias em atmosfera ambiente a 23°C até atingirem o grau de maturação para

consumo “in natura”, igualando com a maturação dos frutos controle (Tabela 2). Posteriormente, realizou-se a análise sensorial e análises fotográficas.

3.5.2 Armazenamento

As microcâmaras foram configuradas para manter as composições de atmosfera de armazenamento descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Combinação das concentrações de O₂ e CO₂ nas microcâmaras de armazenamento dos frutos, mantidas sob condições de adsorção de etileno.

Concentrações dos gases nas microcâmaras		
Tratamentos	% O₂	% CO₂
1	3%	6%
2	3%	12%
3	1%	12%
Controle	20,8%	0,1%

Os frutos dos tratamentos 1, 2 e 3 foram armazenados em microcâmaras com as mesmas condições do Experimento 1. Foram também armazenados frutos a serem considerados como controle (60 frutos), que foram mantidos em câmara de refrigeração a 13°C e 85-95 %UR, em condições ambiente (Tabela 2), arranjados apropriadamente sobre estantes de aço inoxidável com bandejas perfuradas.

Em cada tratamento foram empregados 60 frutos com padrão de maturação inicial definido como duas pintas amarelas (15 a 25 % de coloração amarela da casca). Inicialmente na chegada dos frutos ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UENF, estes foram enumerados sequencialmente e feito procedimento de pesagem de cada fruto em balança eletrônica GEHAKA, modelo BC 2000, com capacidade para 2,020 g e precisão de 0,01 grama (massa).

A coloração da casca foi avaliada utilizando o colorímetro Hunter modelo Hunterlab Miniscan Spectrophotometer. As medidas foram feitas em dois pontos equidistantes da parte equatorial dos frutos exposta e não-exposta ao sol, utilizando iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. Os resultados foram

expressos pelos parâmetros de Hunter, “L” (luminosidade), “a” e “b” (cromaticidade). Na escala de Hunter, o parâmetro “L” indica a luminosidade variando de zero (para amostra perfeitamente preta – mínima refletância) e 100 (para amostra perfeitamente branca – máxima refletância). O parâmetro “a” indica variações na faixa de cor verde (sinal negativo) ao vermelho (sinal positivo) e o parâmetro “b” representa as variações na faixa de cor azul (sinal negativo). Valores de “a” e “b” iguais a zero equivalem à cor cinza.

A aparência geral pela análise de imagem fotográfica foi realizada em 40 frutos escolhidos ao acaso. O procedimento consiste no registro fotográfico das duas faces de exposição dos frutos ao sol, mantendo uma mesma distância de foco, utilizando uma máquina fotográfica da marca Sony e modelo MVC-FD 92. O aparato para obtenção das fotografias consiste em uma caixa de papelão com dimensões de 45 x 35 x 72 cm, quatro lâmpadas dicróicas de 20 Watts presas a um suporte de madeira, a uma distância de 20 cm do fruto dispostas uma em cada lado do aparato utilizando um suporte de isopor (10 cm de espessura), e cartolina de cor azul no fundo da caixa para padronizar as condições do experimento.

Depois de realizado a pesagem, coloração da casca e análise de imagem fotográfica dos frutos, os mesmos foram tratados com solução de hipoclorito (100 ppm de cloro ativo) e secos ao natural antes de serem colocados nas microcâmaras de atmosfera controlada, previamente higienizadas com solução de hipoclorito (200 ppm de cloro ativo) e esterilizadas com solução (500ml formaldeído, 500ml água, 250gr de permanganato de potássio) de formaldeído 50%.

Após 20 dias de armazenamento os frutos foram retirados das atmosferas e mantidos por seis dias em refrigeração a 23°C, atingido o ponto de maturação adequado para o consumo “in natura”. Passados 26 dias todos os frutos foram avaliados por análise de imagem fotográfica, coloração instrumental da casca e determinação de massa. As amostras destinadas à avaliação sensorial foram levadas para o laboratório do Setor de Análise Sensorial da UENF, onde foram preparadas para realização do teste.

3.5.3. Preparo das amostras para Análise Sensorial

Para a realização da avaliação sensorial os frutos foram preparados no Laboratório de Análise Sensorial em temperatura ambiente. Foi oferecida a parte central do fruto, sendo descartadas suas extremidades (de 3,5 a 4,0 cm), a casca (aproximadamente 3 mm de espessura) e sementes. Foi feito um corte longitudinal na porção central do fruto e, finalmente, cortes transversais de forma a obter pedaços de aproximadamente 12 ± 1 g. (Figura 6).

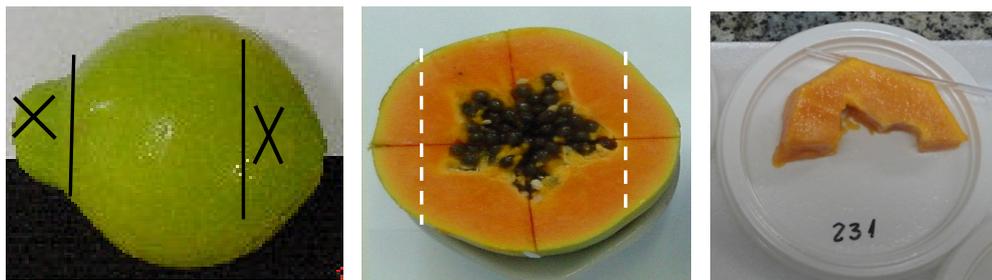


Figura 6 – Esquema de amostragem dos frutos caracterizando as extremidades descartadas (a), região utilizada para retirada de amostra (b) e amostra de aproximadamente 12 g (c).

3.5.4. Recrutamento dos consumidores de mamão

Inicialmente 100 questionários (Apêndice A - Figura1) foram distribuídos a alunos, funcionários e professores da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, que continham o objetivo e condições de realização da pesquisa.

Com base nas respostas aos questionários, foram recrutados 87 consumidores de mamão Golden, sendo 52 do sexo feminino e 45 do sexo masculino, obedecendo aos seguintes critérios: i) ter idade entre 18 e 50 anos; ii) gostar de mamão Golden correspondente ao grau “gosto moderadamente” ou superior; e iii) manifestar interesse e disponibilidade em participar do teste voluntariamente, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido contido no questionário de recrutamento (Apêndice A - Figura 1), conforme exigências da Resolução CNS nº 196 / 1996 (CNS, 1996).

3.5.5. Condições gerais dos testes

O teste sensorial foi realizado em nível laboratorial (Stone & Sidel, 1985), no laboratório do Setor de Análise Sensorial do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em cabines individuais, iluminadas com luz incandescente branca.

As amostras foram servidas à temperatura ambiente $24 \pm 1^\circ\text{C}$, na quantidade de 12 ± 1 g, em tampas plásticas descartáveis brancas (73 mm de diâmetro), codificadas com números de três dígitos definidos de forma aleatória, acompanhadas de palitos e água mineral para consumo entre uma amostra e outra (Figura 8).



Figura 8- Amostras codificadas de mamão Golden (a) e amostras prontas na cabine para avaliação sensorial pelo consumidor (b)

A ordem com que os consumidores avaliaram as amostras seguiu o delineamento balanceado para minimização do efeito *first-order carr-over*, descrito por MacFie e Bratchell (1989). Este é o efeito que uma amostra exerce sobre a avaliação da amostra subsequente.

Todos os consumidores avaliaram a aceitação sensorial do mamão com relação à cor, ao aroma, ao sabor, à textura da polpa e à impressão global, utilizando a escala hedônica estruturada de nove pontos (Peryam e Girardot, 1952) - Figura 2A.

3.5.6. Análise estatística

O experimento foi montado com um delineamento inteiramente casualizado, para avaliar os três tratamentos de atmosferas de armazenamento mais o tratamento de controle (somente sob refrigeração). A interpretação dos dados se deu por análise da variância (ANOVA) e teste de média Tukey ($p < 0,005$), utilizando o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG).

Os dados de medida de cor instrumental foram submetidos à análise estatística básica descritiva considerando uma população infinita de frutos, segundo o método de amostragem simples ao acaso (ASA), a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de intervalo de confiança. Os resultados foram processados por meio do programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG).

3.6 - Experimento 3: Estudo da taxa de respiração dos frutos em atmosfera controlada

3.6.1 Armazenamento

As microcâmaras foram configuradas para manter as composições de atmosfera de armazenamento descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição das atmosferas de armazenamento dos frutos em diferentes concentrações de O₂ e CO₂.

Concentrações dos gases nas microcâmaras		
Tratamentos	% O₂	% CO₂
1	3%	0,1%
2	6%	0,1%
3	20,8%	0,1%
4	3%	6%
5	3%	12%

As atmosferas foram definidas para avaliar o efeito da composição de O₂ até o mínimo de 3%, que não promove distúrbio no fruto, como definido na análise sensorial. Utilizou-se uma avaliação da taxa de respiração em função do aumento da concentração de CO₂ em uma condição ótima para o mínimo de O₂ em cada tratamento.

Os frutos foram armazenados em microcâmaras com dimensões de 70cm X 50cm X 40cm, mantidas em câmara de refrigeração a 13 °C para evitar a incidência da injúria pelo frio, conforme observado por Almeida, (2003). Em cada microcâmara foram armazenados aproximadamente 30 frutos, totalizando em torno de 10 kg. As condições de umidade relativa na câmara de armazenamento refrigerada foram mantidas na faixa de 85-95% UR e a umidade das microcâmaras ficou em equilíbrio com a umidade dos frutos. A circulação de ar foi garantida por pequenos ventiladores instalados na parte superior do fundo de cada microcâmara.

Em cada tratamento foram empregados 30 frutos, totalizando em torno de 10 kg de fruto em cada microcâmara, com padrão de maturação inicial definido como duas pintas amarelas (15 a 25 % de coloração amarela da casca). Inicialmente na chegada dos frutos ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UENF, estes foram identificados (enumerados) e feito procedimento de pesagem de cada fruto em balança eletrônica GEHAKA, modelo BC 2000, com capacidade para 2,020 g e precisão de 0,01 grama (massa).

A coloração da casca foi feita utilizando o colorímetro Hunter modelo Hunterlab Miniscan Spectrophotometer. As medidas foram feitas em dois pontos equidistantes da parte equatorial dos frutos exposta e não-exposta ao sol. Os resultados foram expressos pelos parâmetros de Hunter "L" (luminosidade), "a" e "b" (cromaticidade). Na escala de Hunter, o parâmetro "L" indica a luminosidade variando de zero (para amostra perfeitamente preta – mínima refletância) e 100 (para amostra perfeitamente branca – máxima refletância). O parâmetro "a" indica variações na faixa de cor verde (sinal negativo) ao vermelho (sinal positivo) e o parâmetro "b" representa as variações na faixa de cor azul (sinal negativo). Valores de "a" e "b" iguais a zero equivalem à cor cinza.

A aparência geral pela análise de imagem fotográfica foi realizada em todos os frutos. O procedimento consiste no registro fotográfico das duas faces de exposição dos frutos ao sol, mantendo uma mesma distância de foco, utilizando

uma máquina fotográfica da marca Sony e modelo MVC-FD 92. O aparato para obtenção das fotografias consiste em uma caixa de papelão com dimensões de 45 x 35 x 72 cm, quatro lâmpadas dicróicas de 20 Watts presas a um suporte de madeira a uma distância de 20 cm do fruto, dispostas uma em cada lado do aparato utilizando um suporte de isopor (10 cm de espessura), e cartolina de cor azul no fundo da caixa para padronizar as condições do experimento.

Depois de realizado a pesagem, coloração da casca e aparência geral dos frutos, os mesmos foram tratados com solução de hipoclorito (100 ppm de cloro ativo) e secos ao natural antes de serem colocados nas microcâmaras de atmosfera controlada, previamente higienizadas com solução de hipoclorito (200 ppm de cloro ativo) e esterilizadas com solução (500ml formaldeído, 500ml água, 250gr de permanganato de potássio) de formaldeído 50%.

Durante 35 dias, em intervalos de cinco dias, foram realizadas medidas da taxa de respiração dos frutos em cada tratamento. Após 35 dias de armazenamento os frutos foram retirados das atmosferas e avaliados quanto à aparência geral pela análise de imagem fotográfica, coloração da casca e determinação de massa.

A determinação da taxa de respiração foi baseada no modelo em estado estacionário, onde, o sistema de injeção dos gases e de adsorção de etileno e CO₂ foi desativado, utilizando valores de tempo de injeção e de adsorção iguais a zero. Nestas condições, os frutos consomem o O₂ e liberam CO₂ e C₂H₄, que são monitorados por leituras em tempo real durante aproximadamente 5 horas. As medidas foram realizadas durante 35 dias em intervalos regulares de tempo de cinco dias.

3.6.2 Método operacional para medida da taxa de respiração

O procedimento operacional para as medidas das taxas de respiração nas microcâmaras contempla a utilização de uma câmara de estabilização e duas câmaras de medida para cada atmosfera. As câmaras de estabilização não possuem frutos em seu interior, e são responsáveis pela manutenção das concentrações gasosas desejadas para cada atmosfera e minimização da contaminação dos gases provenientes das câmaras anteriores. Essas câmaras são mantidas controladas durante todo o tempo de realização do experimento.

As câmaras de medida foram controladas em cada atmosfera de armazenamento durante todo o experimento. Contudo, para a realização das medidas de respiração, o sistema de injeção e adsorção de gases foi desativado por um período de aproximadamente 5 horas, permitindo que se faça somente a leitura da concentração de O₂ e CO₂ no interior de cada microcâmara. Para cada microcâmara foram realizadas cinco leituras com intervalos de aproximadamente 1 hora para cada medida. As medidas das concentrações de O₂ e CO₂ ao longo do tempo foram linearizadas para se obter a inclinação da curva que caracteriza a taxa de respiração em cada atmosfera de armazenamento, conforme a seguinte equação:

$$R_{\text{resp}} = \frac{\Delta\%}{\Delta_t} \times \frac{1}{m} \quad (9)$$

Onde:

R_{resp} = Taxa de consumo de O₂ ou produção de CO₂ (% / Kg h)

$\Delta\%$ = Concentração de O₂ ou de CO₂ ao longo do tempo (%)

Δ_t = Tempo de realização das medidas de respiração (h)

m = Massa de frutos no interior de cada microcâmara (Kg)

3.6.2.1 Dimensão e volume das microcâmaras

A taxa de respiração pode ser representada em termos do volume de O₂ consumido ou de CO₂ liberado ao longo do tempo de armazenamento dos mamões. Para isto determina-se o espaço vazio contido no interior das estantes e do volume dos frutos (Figura 10).

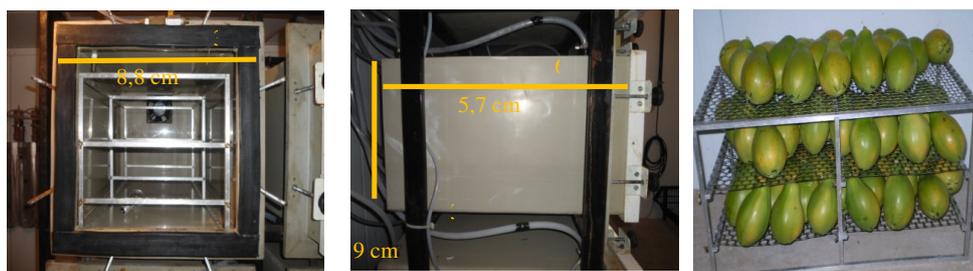


Figura 10 - Esquema representativo das microcâmaras e estantes instaladas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UENF.

As microcâmaras apresentam um padrão de tamanho com largura de 38,8 cm, profundidade 65,7 cm e altura 39,0 cm, apresentando volume de 92,42 L e portas de altura 39,0 cm, largura de 38,8 cm e profundidade de 2,7 cm, com volume de 40,86 L. No interior de cada microcâmara tem-se uma estante composta por 3 prateleiras perfuradas de área 1023 cm², e diâmetro 1,69 cm, de volume 17,28 L.

3.6.2.2 Volume do fruto

O volume de cada fruto é obtido através da utilização de parâmetros de densidade aparente de amostra representativa de uma população infinita dos mamões Golden, considerando o seu estágio de maturação.

As medidas de densidade aparente foram realizadas por meio de imersão do fruto em béquer de 2000 mL, contendo 1600 mL de água destilada com dimensões conhecidas, em temperatura constante. A altura da água deslocada no béquer foi medida com auxílio de paquímetro, permitindo o cálculo direto do volume de água deslocado pelo fruto. A massa do fruto foi medida em balança eletrônica GEHAKA, modelo BC 2000, com capacidade para 2,020 g e precisão de 0,01 g. A densidade aparente foi obtida pela razão entre a massa e o volume de água deslocado pelo fruto, com medidas em g/cm³.

3.6.2.3 Determinação da taxa de respiração

A determinação da taxa de respiração com respeito ao volume dos gases consumidos ou liberados pelos frutos é obtida conforme a seguinte equação:

$$R_{vol} = \frac{\Delta_{\%}}{\Delta_t} \times \frac{V_{ev}}{100} \times \frac{1}{m} \quad (10)$$

Onde:

R_{vol} = Taxa de consumo de O₂ ou produção de CO₂ (mL / Kg h)

$\Delta_{\%}$ = Concentração de O₂ ou de CO₂ ao longo do tempo (%)

Δ_t = Tempo de realização das medidas de respiração (h)

m = Massa de frutos no interior da microcâmara (Kg)

V_{ev} = Volume de espaço vazio da microcâmara (mL)

3.6.3 Análise estatística

O experimento foi montado com um delineamento inteiramente casualizado para avaliar os 5 tratamentos de atmosferas de armazenamento, com 30 frutos em cada microcâmara. Os dados referentes à coloração e perda de massa dos frutos foram interpretados por análise simples estatística e as características analisadas foram avaliadas considerando uma população infinita de frutos, segundo o método de amostragem simples ao acaso (ASA), considerando o nível de 5% de probabilidade.

As médias foram comparadas utilizando-se o teste “t” de Student por intervalo de confiança. A amostra ideal foi dimensionada para população infinita de frutos considerando além do nível de significância, o desvio de 10% em torno da média amostral, para todas as características analisadas. Os dados referentes à taxa de respiração dos frutos foram avaliados por modelos de regressão para interpretar as diferenças entre os tratamentos com diferentes atmosferas. Os resultados foram processados por meio do programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da qualidade dos frutos estocados em diferentes composições de atmosfera controlada

4.1.1 Caracterização Física e Química dos Frutos

4.1.1.1 Caracterização fotográfica

Neste trabalho foram utilizados 20 frutos em cada tratamento, representativos de uma população infinita, aplicados na avaliação para determinar principais parâmetros de qualidade físico-químicas, sendo que, para caracterização da firmeza e um dos parâmetros de Hunter seria necessário maiores tamanhos de amostras para satisfazer o critério tamanho ideal da amostra (Apêndice B).

A caracterização fotográfica de uma amostra dos frutos no início do experimento, após a chegada dos frutos no laboratório, é mostrada na Figura 10.a. e 10.b. Observa-se uma diferenciação no padrão da cor da casca do fruto, quando comparados o lado de exposição e não exposição ao sol. Esta diferenciação ou evolução diferenciada da cor é notada durante todo tempo de armazenamento do fruto. Nota-se ainda, pontos minúsculos de mancha fisiológica na face dos frutos que ficou exposta ao sol na planta. Este distúrbio também foi

observado por Martins (2005) e confirmado pelos técnicos da Empresa Caliman Agrícola S.A., ressaltando haver uma maior incidência em frutos colhidos no inverno.

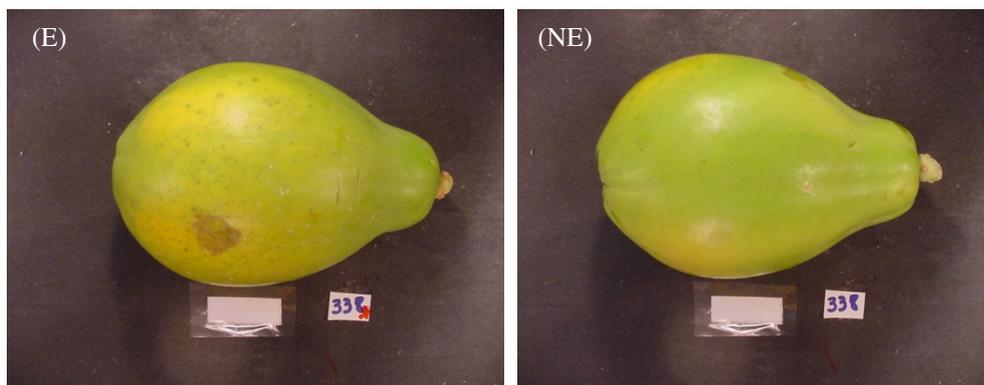


Figura 10 - Caracterização fotográfica das faces expostas (E) e não-expostas (NE) de mamões 'Golden' ao chegarem ao laboratório.

Em imagens fotográficas dos frutos retiradas após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (controle), mostram cor verde residual na casca, principalmente nas extremidades da fruta e também algumas doenças fitopatológicas localizadas principalmente no lado exposto ao sol de algumas amostras (Figura 11).

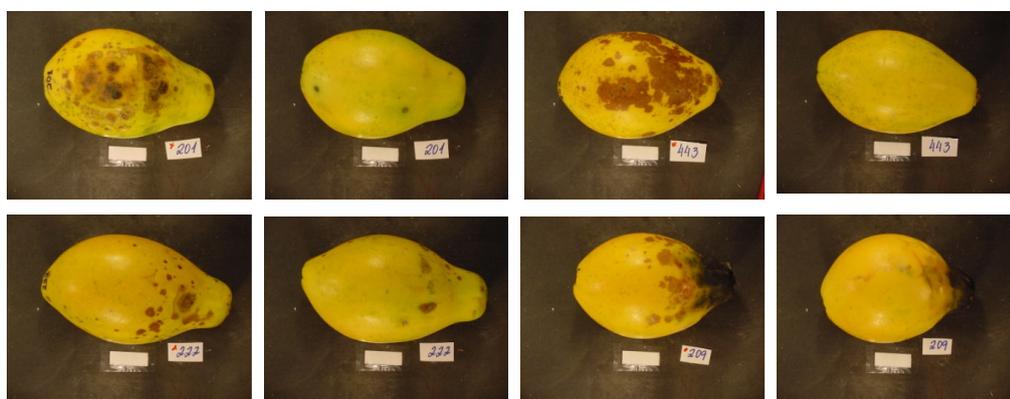


Figura 11 - Caracterização fotográfica das faces expostas (E) e não-expostas (NE) de mamões 'Golden' após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (controle).

A caracterização fotográfica dos frutos do controle (20% O₂ - 0,1% CO₂ com adsorção de etileno) aos 30 + 7 dias de armazenamento a temperatura de

13°C e 85%-95% UR, indicada na Figura 12, mostra que ocorreu um amarelecimento total na casca e a maioria das amostras de frutas apresentou doenças fitopatológicas graves, principalmente no lado de exposição da fruta ao sol (Figura 12).



Figura 12 - Caracterização fotográfica das faces expostas (E) e não-expostas (NE) de mamões 'Golden' após 37 dias de armazenamento sob refrigeração (controle).

Em frutos armazenados por 30 dias em microcâmaras, com (21% O₂ - 0,1% CO₂ com adsorção de etileno), ocorreu quase completo amarelecimento da casca e também um ataque de doenças fitopatológicas (Figura 13.a). No entanto, em atmosferas com menores níveis de O₂ havia menos dano nos frutos e eles estavam mais verdes, indicando uma desaceleração no padrão de amadurecimento (Figura 13.b). O aumento no nível de CO₂ até 15% reduziu o ataque de fungos na casca e também minimizou a mudança da cor verde (Figura 13.c), mas, mesmo em atmosfera de (3% O₂ - 15% CO₂) ocorreu crescimento do fungo, principalmente no lado de exposição do fruto ao sol (Figura 13.d). O aumento do CO₂ pode promover injúria fisiológica no fruto, possibilitando a colonização e o desenvolvimento de patógenos. Fonseca et al.. (2004), estudando o padrão de ocorrência de doenças em mamão armazenado sob atmosfera controlada, observaram que a elevação da concentração de CO₂ para 6% promoveu injúria fisiológica no fruto, favorecendo a infecção dos tecidos e sua colonização. O mesmo ocorreu em maçãs 'Gala' quando armazenadas sob 10% CO₂, por 11 dias, seguido de 3% CO₂, ou armazenadas em 6% CO₂. Ambas por 8,5 meses sob refrigeração (1,0°C), tiveram maiores degenerescência e podridões, em relação a maçãs armazenadas sob baixo CO₂ (Saquet ; Brackman, 2000).



Figura 13 - Caracterização fotográfica das faces expostas (E) e não-expostas (NE) de mamões 'Golden' após 37 dias de armazenamento sob refrigeração em atmosfera de 20,8 % O₂ e 0,1% CO₂ com a adsorção de etileno (a), atmosferas com níveis mais baixos de O₂ (3 % O₂ e 6% CO₂) (b), atmosferas com 3 % O₂ e 10% CO₂ (c), atmosfera de 3% O₂ - 15% CO₂ (d).

4.1.1.2 Cor dos frutos

4.1.1.2.1 Parâmetros de Hunter L, a, b

O parâmetro de Hunter *L* indica o histórico de luminosidade da casca dos frutos ao longo da maturação. As medidas de cor da casca indicaram que os frutos controle e aqueles armazenados em atmosfera com composição do gás ambiente tiveram um aumento na luminosidade da casca (Parâmetro Hunter *L*) após 30 dias de armazenamento, atingindo os mesmos valores de frutos maduros avaliados após 37 dias. No entanto, os frutos mantidos sob baixa composição de O₂ apresentaram um lento aumento na luminosidade da casca após o período de armazenamento (Figura 14).

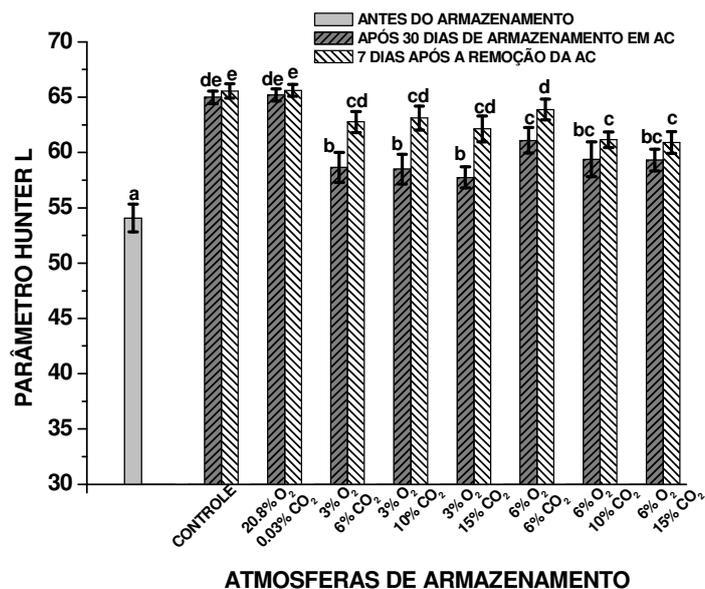


Figura 14 - Evolução do parâmetro de Hunter *L* na casca de mamões 'Golden' armazenados durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção das atmosferas e armazenamento durante sete dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

O Parâmetro de Hunter *b* indica o histórico de cor amarela dos frutos ao longo da maturação. A desaceleração no padrão do amadurecimento pode ser melhor observada quando se analisa o índice de amarelecimento indicado pelo parâmetro Hunter *b* (Figura 15).

Os frutos mantidos em ambientes com 3% O₂ apresentaram menores valores de índice de amarelecimento em 30 dias de armazenamento quando comparados com os frutos armazenados em atmosfera de 6% O₂. Além disso, observou-se uma tendência decrescente do padrão de amarelecimento quando o nível de CO₂ foi aumentado. Após a remoção das atmosferas controladas, todos os frutos atingiram índices de amarelecimento quase semelhante aos do tratamento de controle (frutos maduros).

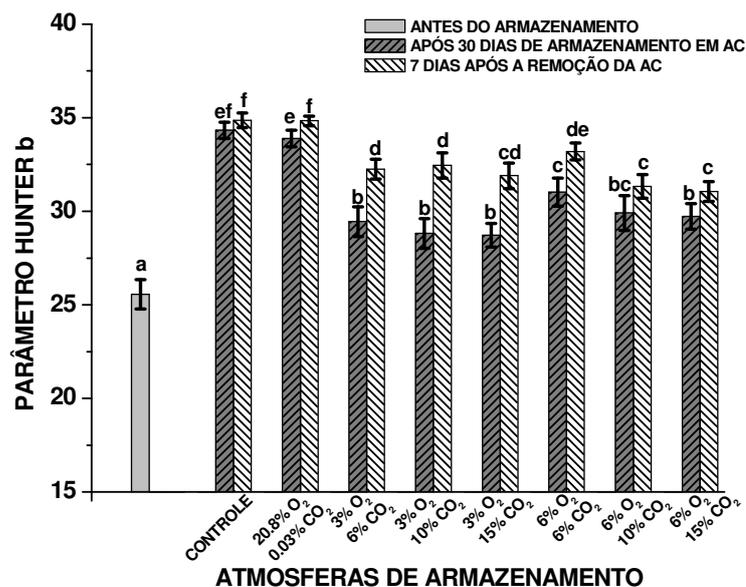


Figura 15-Evolução do parâmetro de Hunter *b* na casca de mamões 'Golden' armazenados durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção das atmosferas e armazenamento durante sete dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

O melhor contraste para a diferenciação da cor da casca entre os tratamentos de atmosferas pode ser observado pelo parâmetro de Hunter *a*, que indica índices da cor verde na casca do fruto (Figura 16).

Em 30 dias de armazenamento sob atmosferas com 6% de O₂, é observado um efeito sensível da maior concentração de CO₂ na redução dos índices da cor verde, que permaneceram no mesmo nível como observado nos frutos armazenados em 3% O₂, indicando maior proporção de cor verde na casca.

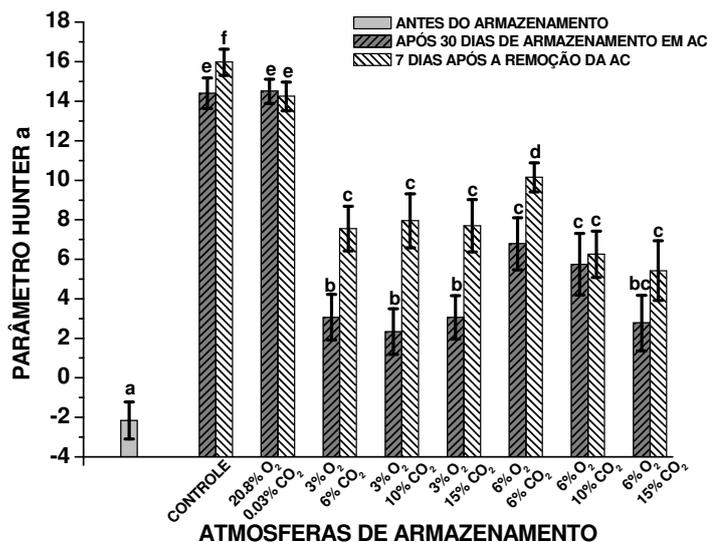


Figura 16 - Evolução do parâmetro de Hunter *a* na casca de mamões 'Golden' armazenados durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção das atmosferas e armazenamento durante sete dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

A perda de clorofila e biossíntese de carotenoides diminuiu em frutos mantidos em atmosferas controladas. A diminuição do nível de O₂ reduz a taxa respiratória proporcionalmente com a concentração de O₂. Isto ocorreu devido à diminuição da produção de etileno (Kader, 1986). Em concentrações elevadas de CO₂ observou também uma redução na taxa de respiração, mas o mecanismo de ação é desconhecido (De Wild et al., 2003). O CO₂ é um co-fator essencial para ACC oxidase (Dong et al., 1992.). No entanto, em concentrações elevadas, inibe a produção autocatalítica de etileno (Chavez-Franco e Kader, 1993). Em níveis elevados de ACC, o CO₂ estimula a sua biossíntese, mas os níveis de ACC normalmente encontrados na fruta inibem a produção de etileno. O efeito do CO₂ depende da sua concentração, exposição ao tempo, temperatura e variedade (Mathooko, 1996).

4.1.1.3 Firmeza

A firmeza da polpa de mamão não foi afetada pelos diferentes tratamentos de atmosferas. Antes do armazenamento, a polpa dos frutos apresentou a média de 44 N e após 30 dias, apresentou 14,8 N, e depois de sete dias, sob condições de atmosfera mostrou 10,1N. Estes resultados de firmeza da polpa de mamões 'Golden' estão de acordo com aqueles obtidos por Martins (2005), que verificou que apenas para composição da atmosfera inferior a 3% O₂ pode ocorrer o endurecimento da polpa devido ao distúrbio fisiológico.

4.1.1.4 Sólidos solúveis totais dos frutos

Não foi encontrada qualquer influência destacável de composições de ambientes no teor de sólidos solúveis totais (SST) da polpa após o período de armazenamento, conforme observado também por Martins (2005). No caso do tratamento controle, o valor médio antes do período de armazenamento foi de 12,1 °Brix, mas que ocorre apenas uma tendência decrescente de a 11,1 °Brix após 30 dias de armazenamento, e estabilizando em 11,3 °Brix após 7 dias de remoção de atmosferas (Figura 17).

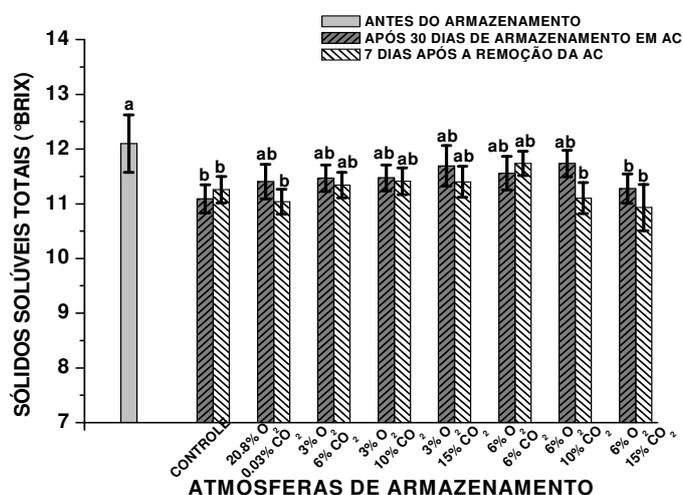


Figura 17 - Conteúdo de sólidos solúveis totais da polpa de mamão Golden armazenado durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

De acordo com Bron e Jacomino (2006), independente dos estádios de maturação em que mamões 'Golden' são colhidos, o seu teor de sólidos solúveis não difere durante a maturação, atribuindo este fato de que a quantidade de amido é muito baixa em mamões e que não poderia influenciar o teor de sólidos solúveis por hidrólise durante o amadurecimento.

4.1.1.5 Açúcares Redutores Totais

No caso do conteúdo dos açúcares solúveis totais, ocorreu uma diminuição de $11,8 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ (antes do armazenamento) até $9,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ após 30 dias de armazenamento sob condições ambiente (controle), porém, apresentou uma aumento no conteúdo de sólidos solúveis para $10,9 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ após 37 dias de armazenamento sob refrigeração (Figura 18), provavelmente devido a uma pequena síntese de açúcar no final do amadurecimento.

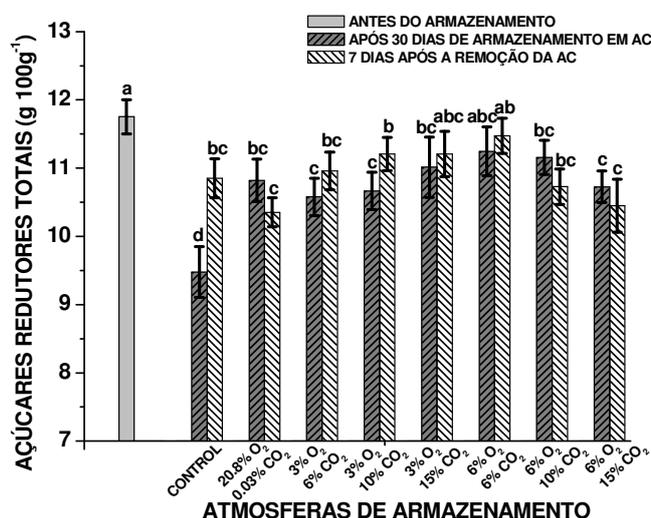


Figura 18 - Açúcares solúveis totais da polpa de mamão Golden armazenado durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

Almeida et al. (2006) e Pinto et al. (2006), observaram um ligeiro aumento no conteúdo total de sólidos solúveis na metade externa do mesocarpo apenas na fase madura de mamão Golden. De acordo com Gomez et al. (2002),

teor de açúcares solúveis em frutos de mamoeiro cv. Solo varia de 9,5% na fase verde para 10% na fase intermédia, diminuindo a 9% em estágio maduro (8 dias após a colheita e armazenamento a 25°C). Teores de sacarose diminuem cerca de 5,0% durante o período de amadurecimento para 2,0% no 6º dia após a colheita e aumentam para cerca de 4,0% no 8º dia, sugerindo que não há síntese de sacarose no mamão durante seu amadurecimento. Uma grande variabilidade na concentração de açúcares totais e sacarose foi encontrada por Zhou e Paull (2001) em cinco cultivares de mamão durante todo tempo de armazenamento.

A destacável diminuição e o aumento no teor de açúcares redutores totais foi observado nos frutos armazenados por 37 dias sob refrigeração (tratamento controle) e suavizado nos frutos armazenados em diferentes atmosferas controladas (Figura 18), assim indicando a desaceleração no metabolismo ao longo do processo de amadurecimento.

4.1.1.6 Açúcares Redutores

Em frutos do controle, verificou-se também uma diminuição no valor de açúcares redutores de 10,8 mg 100g⁻¹ (antes do armazenamento) até 8,3 mg 100g⁻¹ depois de 30 dias de armazenamento sob condições ambientes, e uma pequena concentração até 9,9 mg 100g⁻¹ após 37 dias de armazenamento (Figura 19), como foi observado também para o teor de açúcares redutores totais (Figura 18). Além disso, para os frutos armazenados em diferentes atmosferas também foi observado um pequeno decréscimo no teor de açúcares redutores ao longo de 30 dias de armazenamento, mas para os frutos mantidos em atmosfera contendo 3%O₂ - 15% CO₂ esta queda foi evitada, bem como, o aumento adicional que ocorreu após a sua remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e umidade relativa de 85-95%. De acordo com os resultados observados para os frutos armazenados a 6% O₂, parece que o aumento no nível de CO₂ retardou o incremento final no teor de açúcares redutores, isto ocorreu após a remoção dos frutos do armazenamento durante sete dias sob refrigeração.

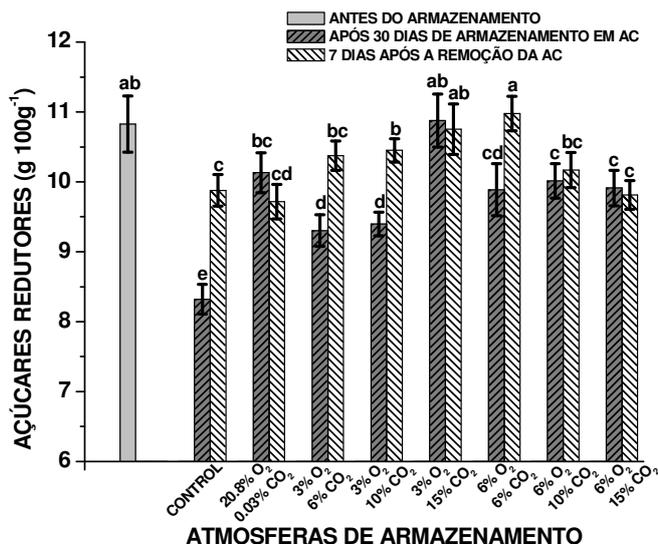


Figura 19 - Açúcares redutores da polpa de mamões Golden armazenados durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

De acordo com Gomez et al.. (1999), o mamão não acumula amido durante o seu crescimento. Gomez et al.. (2002) constataram que o conteúdo de amido é de cerca de 0,13% em mamão verde e cerca de 0,06% na fruta madura. Apenas glicose, frutose e sacarose são encontradas em todas as fases de amadurecimento do mamão. A galactose pode ser usada para sintetizar a sacarose, uma vez que os seus níveis diminuem na parede celular durante o amadurecimento. O fato de que o mamão maduro e semimaduro são mais doces do que os verdes, apesar de seu conteúdo de açúcares solúveis totais ser o mesmo, pode ser atribuída a mudanças na textura, o que resultaria na liberação de diferentes níveis de açúcar das células do mamão para a boca durante a mastigação. A relação entre o ácido, atividade da enzima invertase e doçura da fruta foi identificada por Zhou et al.. (2000). O teor de açúcar no mamão permanece constante durante a pós-colheita, sugerindo que o acúmulo de açúcar na polpa está relacionado com a translocação de açúcar da planta para fruta enquanto ligadas (Zhou e Paull, 2001).

Na avaliação dos açúcares principais que contribuem para o teor de açúcares solúveis totais do mamão Golden, Fabi et al.. (2007) verificaram que o

conteúdo de glicose e frutose aumentou nos frutos tratados com etileno ou 1-MCP, durante sete dias de armazenamento em condições ambiente, mas o tempo para a acumulação de cada monossacarídeo era muito diferente. Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao teor de sacarose, em relação aos valores máximos do dissacarídeo. Considerando a diminuição de sacarose nas fases finais de maturação para os frutos controle, o valor final em frutas tratadas com 1-MCP dobrou no 7º dia após a colheita.

4.1.1.7 Acidez total e pH dos frutos

Medidas de acidez e pH dos frutos armazenados sob diferentes níveis de gás nas microcâmaras são indicadas, respectivamente, nas Figuras 20 e 21. Os frutos do tratamento controle apresentaram uma diminuição na acidez após 30 dias de armazenamento, permanecendo constante depois disso. De acordo com Bron e Jacomino (2006), durante o amadurecimento de mamões 'Golden' ocorre diminuição da acidez, principalmente para frutos colhidos nos primeiros estádios de maturidade. No entanto, na Figura 20, observa-se que em atmosferas com 3% O₂ o decréscimo da acidez foi evitado, mas em atmosferas com 6% O₂, ocorre uma queda semelhante em frutos armazenados no menor nível de CO₂ (6%), no entanto para níveis mais elevados de CO₂, especialmente em nível de 15%, esta diminuição foi evitada em 30 dias de armazenamento. Sete dias após a remoção dos frutos das atmosferas controladas de todos os tratamentos, a acidez final das polpas de fruta foi a mesma que o controle.

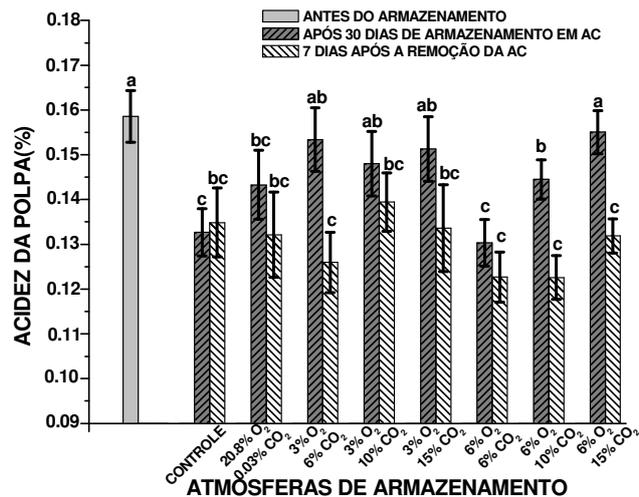


Figura 20 - Acidez total da polpa de mamão Golden armazenado durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e RH de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

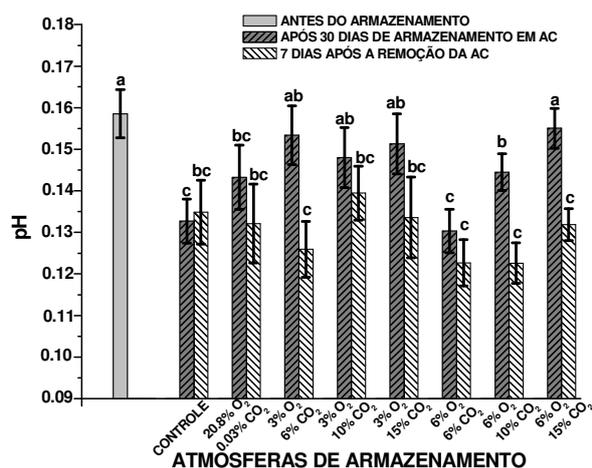


Figura 21 - pH da polpa de mamão Golden armazenado durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e RH de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

A maior acidez dos frutos antes do armazenamento ocorre possivelmente devido à hidrólise das substâncias pécticas na parede celular, como relatado por Almeida et al. (2006). Durante o armazenamento, a diminuição da acidez ocorre

devido ao consumo de ácidos orgânicos utilizados no processo de amadurecimento.

Em frutos, mantidos sob elevados níveis de CO₂ pode ter causado uma tendência de maior acidez após 30 dias de armazenamento, devido ao lento amadurecimento do fruto, mas também provavelmente devido à solubilidade do CO₂ em solução intracelular. De acordo com Lencki et al.. (2004), a quantidade de dióxido de carbono dissolvido no tecido em níveis de CO₂ tipicamente encontrados nos sistemas de atmosfera modificada (7 kPa) pode ser tão elevada como 38% da concentração total encontrado no espaço vazio da embalagem.

4.1.1.8 Ácido Ascórbico dos frutos

O teor de ácido ascórbico dos frutos para o tratamento controle aumentou desde o início até 30 dias de armazenamento, apresentando média de $73,9 \pm 13,9$ mg 100g⁻¹ e $104,3 \pm 11,0$ mg 100g⁻¹, respectivamente (Figura 22).

De acordo com Bron e Jacomino (2006), o teor de ácido ascórbico durante o amadurecimento de mamões Golden aumenta até 20-30%, independente do estágio de maturação na colheita e, quando completam o amadurecimento, os frutos colhidos em todos os estágios de maturação possuem ~ 1,0 g de ácido ascórbico kg⁻¹. Tal como indicado por estes autores, manose e L-galactose são substratos chave para a síntese de ácido ascórbico em plantas e, portanto, a degradação da parede celular durante o amadurecimento pode proporcionar substratos para a síntese do ácido ascórbico, explicando o seu aumento em mamão Golden.

Frutos armazenados durante 30 dias sob diferentes atmosferas controladas também apresentaram uma tendência de aumento do teor de ácido ascórbico na polpa, mas com menor magnitude devido à maturação mais lenta (Figura 22). No entanto, após a retirada e armazenamento por sete dias sob condições de atmosfera ambiente, a diminuição acentuada no teor de ácido ascórbico observada nos frutos do tratamento controle foi evitada nos frutos armazenados em ambientes com 3% O₂. Neste caso, a utilização de 15% CO₂ parece retardar o incremento em teor de ácido ascórbico durante o armazenamento sob atmosfera controlada, mas também provocou uma tendência

de valores mais elevados após a remoção e armazenamento dos frutos sob condições de atmosfera ambiente.

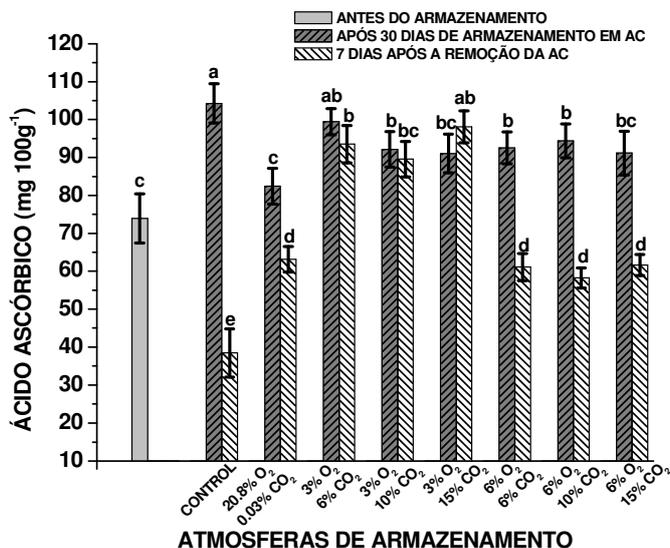


Figura 22 - Teor de ácido ascórbico na polpa de mamão Golden armazenado durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção e armazenamento durante sete dias a 13°C e RH de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

No caso dos frutos armazenados em atmosferas com 6% O₂, a queda no teor de ácido ascórbico também foi verificada para todas as concentrações de CO₂, mas com menor intensidade. A maior atividade oxidativa nos frutos do tratamento controle observada após 37 dias de armazenamento pode ser atribuída à senescência, processo que ocorre no final do período de armazenamento, provocando uma redução intensa do teor de ácido ascórbico na polpa do mamão. No entanto, no nível mais baixo de oxigênio (3% O₂) esta queda foi evitada devido à taxa de amadurecimento lento e também devido ao efeito benéfico do nível mais baixo de oxigênio na preservação de conteúdo de ácido ascórbico. Nesta condição, o aumento no nível de CO₂ também apresentou um efeito benéfico sobre a preservação do teor de ácido ascórbico (Figura 22). De acordo com Fenema (2000), o oxigênio livre promove a oxidação de ácido ascórbico. A diminuição no teor de ácido ascórbico durante o armazenamento de frutos de maracujá amarelo é minimizada em atmosfera controlada que contém níveis mais baixos de oxigênio (Cerqueira et al., 2011). No entanto, o aumento no

nível de CO₂ até 15% não é eficaz para evitar a queda mínima de ácido ascórbico que ocorre em atmosferas com 5% O₂, mas pode inclusive prejudicar o efeito benéfico do nível mais baixo de oxigênio.

4.2 Caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados em diferentes atmosferas controladas

4.2.1 Atributos Sensoriais

Na investigação da qualidade de mamões Golden armazenados por 20 dias em atmosferas controladas a 12°C e 90% de UR e seis dias em atmosfera ambiente a 23°C, observou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias de aceitação dos tratamentos, para todos os atributos hedônicos avaliados. De forma geral, os frutos do tratamento 1% O₂ - 12% CO₂ e 3% O₂ - 12% CO₂ foram os menos aceitos e diferiram do controle em todos os atributos hedônicos avaliados, exceto para a textura das amostras armazenadas na condição 1%O₂ - 12% CO₂. Enquanto as médias de aceitação de todos os atributos dos frutos mantidos no tratamento com atmosfera controlada contendo 3% O₂ - 6% CO₂ não diferiram ($p > 0,05$) das médias do controle (20,8% O₂ - 0,1% CO₂), as quais foram significativamente maiores ($p \leq 0,05$).

4.2.1.1 Aroma

Ao avaliar o parâmetro aroma, nota-se maior aceitação ($p \leq 0,05$) no tratamento com atmosfera de 3%O₂ - 6%CO₂ e o controle (20,8% O₂ - 0,1% CO₂) após frutos armazenados em atmosfera ambiente sob refrigeração a 23°C. (Figura 23).

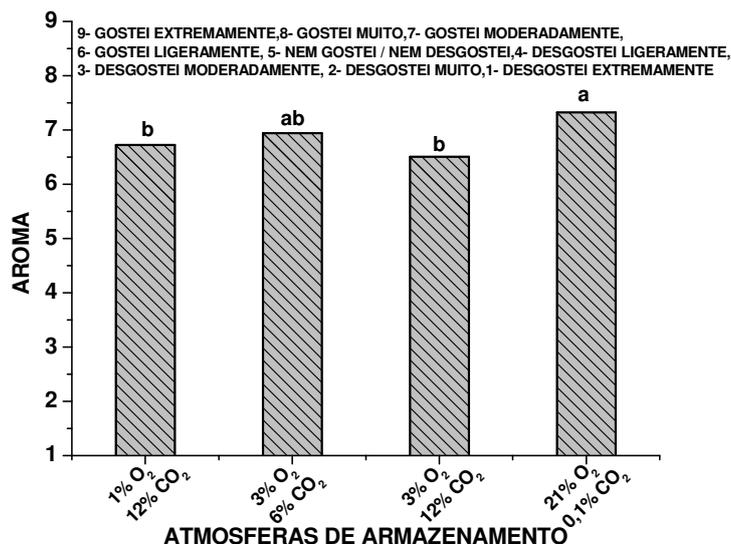


Figura 23 – Médias de aceitação, referente ao atributo sensorial aroma, atribuídas pelos consumidores (n=87) de mamões Golden *in natura* após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada e seis dias em refrigeração a 23°C e UR de 85-95%. Barras com letras iguais correspondem a tratamentos que não diferem segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os tratamentos com 1% O₂ - 12% CO₂ e o tratamento com 3% O₂ - 12% CO₂ tiveram os menores valores de média, com aceitação expressa em “gostei ligeiramente”. Embora os tratamentos com atmosferas controladas não tenham apresentado diferença entre si nesse atributo hedônico, o tratamento 3%O₂ - 6%CO₂ se destaca por não ter diferido do controle. Certamente a atmosfera contendo 3%O₂ - 6% CO₂ se destacou devido ao emprego da concentração limite de 3%O₂ e minimização da concentração de CO₂ contido neste tratamento, possibilitando a conservação dos frutos sem ocorrência de distúrbios fisiológicos que pudessem ocasionar odores indesejáveis.

4.2.1.2 Sabor

No atributo hedônico sabor, os frutos armazenados em atmosfera com concentração de 3%O₂ - 6%CO₂ obtiveram maior média de aceitação ($p \leq 0,05$) – entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” - quando comparado com os outros tratamentos, não diferindo do controle (20,8%O₂ - 0,1%CO₂). Desta forma,

essa condição de armazenamento (3%O₂ - 6%CO₂) foi a melhor com relação à aceitação do sabor (Figura 24) e pode ser considerada adequada.

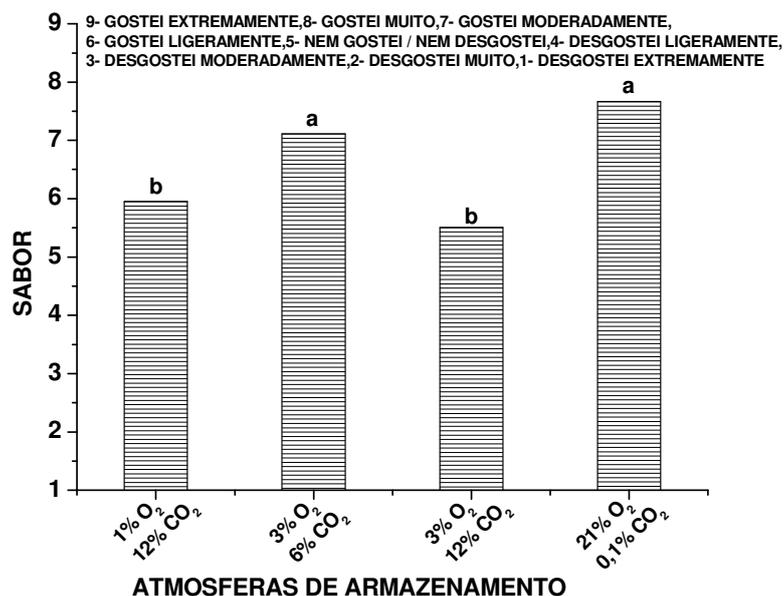


Figura 24 – Médias de aceitação, referentes ao atributo sensorial sabor, atribuídas pelos consumidores (n=87) de mamões Golden *in natura* após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada e seis dias em refrigeração a 23°C e UR de 85-95%. Barras com letras iguais correspondem a tratamentos que não diferem segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os frutos armazenados em atmosferas de 1% O₂ - 12% CO₂ e 3% O₂ - 12% CO₂ se igualaram estatisticamente, apresentando menor valor de aceitação. Possivelmente a maior concentração de CO₂, tenha ocasionado uma menor maturação e ou tenha havido algum distúrbio fisiológico nestes frutos. Na grande maioria dos frutos, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento devido à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório e nas reações de síntese de novos compostos. Essas mudanças na acidez são importantes no desenvolvimento do sabor característico dos frutos (Kays, 1991). A partir dessas variações no conteúdo dos ácidos orgânicos e da relação com o teor de açúcares, o sabor das frutas e as propriedades do *flavor* da polpa podem ser significativamente afetados (Pangborn, 1963).

A associação de baixa concentração de O_2 e elevado CO_2 por períodos prolongados, pode ocasionar respiração anaeróbica que propicia a produção e acumulação de etanol e/ou acetaldeído nos frutos, os quais são produtos tóxicos e que podem induzir o surgimento de desordens fisiológicas, bem como sabor e aroma alcoólico nos frutos (Saquet et al., 2000). Santana et. al. (2004) observaram que frutos de mamão contendo maiores valores de sólidos solúveis totais alcançaram maiores médias para o atributo sabor, sendo que, o balanço entre os conteúdos de ácidos orgânicos e açúcares exerce importante contribuição para qualidade de sabor dos frutos. Portanto, o retardamento do amadurecimento dos frutos contidos nestes tratamentos pode ter provocado um acúmulo de ácido e possível gosto residual.

Segundo Corrêa et al. (2011), na avaliação sensorial, as ameixas 'Laetitia' armazenadas nos tratamentos de atmosfera modificada com baixo etileno e atmosfera controlada com 1-MCP proporcionaram aceitabilidade dos frutos superior a 50 e 80%, respectivamente. Com relação ao sabor, os frutos armazenados nessas condições apresentaram aceitabilidade de 70%. Indicando que o manejo do etileno durante o armazenamento exerce boa influência na aceitabilidade do fruto pelo consumidor, pois, estes tratamentos preservam o sabor e a aparência dos frutos. Em trabalho realizado por Wills e Widjanarko (1995), observaram que à medida que os frutos foram amadurecendo os atributos sensoriais de mamões tiveram notas mais elevadas.

4.2.1.3 Textura

Quanto ao atributo hedônico de textura da polpa do fruto, observou-se que não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos 1% O_2 -12% CO_2 e 3% O_2 -6% CO_2 , atingindo médias de aceitação próximas de 7,0 ("gostei moderadamente"). O tratamento 3% O_2 - 12% CO_2 foi o único que diferiu do controle (20,8% O_2 - 0,1% CO_2), apresentando a menor média de aceitação (Figura 25). Assim, com relação à textura, os tratamentos 1% O_2 -12% CO_2 e 3% O_2 - 6% CO_2 podem ser considerados adequados.

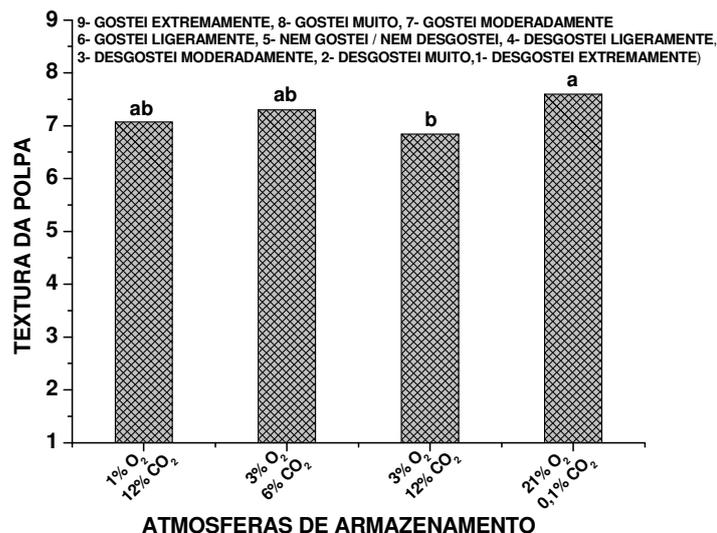


Figura 25 – Médias de aceitação, referentes ao atributo sensorial textura da polpa, atribuídas pelos consumidores (n=87) de mamões Golden *in natura* após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada e seis dias em refrigeração a 23°C e UR de 85-95%. Barras com letras iguais correspondem a tratamentos que não diferem segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Durante o amadurecimento do fruto varias transformações bioquímicas se completam, entre elas, a degradação da pectina. A pectinametilesterase (PME) participa do processo de amolecimento dos frutos, desesterificando o polímero de ácido galacturônico (pectina), enquanto a poligalacturonase (PG) catalisa a hidrólise das ligações β -1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina (Manrique e Lajolo, 2004).

A diferença na aceitação entre os tratamentos, possivelmente se deu ao grau de maturação em que se encontravam os frutos, já que, estes foram oferecidos aos consumidores em seu completo grau de amadurecimento com 80% a 100% da coloração da casca amarela. Nos dois experimentos, caracterização da qualidade química e caracterização da qualidade sensorial, os frutos foram retirados das atmosferas controladas e mantidos entre sete e seis dias, respectivamente, em atmosfera ambiente à temperatura de 23°C. No primeiro experimento, quanto à firmeza, não houve diferença entre os tratamentos após sete dias em atmosfera ambiente e o mesmo pode ser relatado por Pinto et al., (2011), que ao avaliar a atividade da pectina metilesterase e da β -

galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. Golden observaram que em relação à firmeza da polpa houve uma redução drástica nos dois primeiros dias de armazenamento em refrigeração a 20°C, mostrando que os frutos ao serem expostos a atmosfera ambiente e temperaturas mais elevadas, aceleram o seu metabolismo equiparando aos mantidos em atmosfera ambiente.

Segundo Paull et al., (1999), ao avaliar as mudanças que ocorrem na parede celular de frutos de mamão cv 'Sunrise' durante o seu amadurecimento, relataram que em frutos mais verdes as moléculas de pectina encontravam-se maiores e a firmeza do fruto era de 334 N e quando alcançaram 100% de coloração amarela e grande parte das moléculas de pectina degradadas a tamanhos médios e pequenos, apresentaram firmeza do fruto com 20 N. Mostrando que o amadurecimento do fruto acompanhado do amolecimento da polpa ocorre devido às mudanças drásticas na estrutura e composição da pectina e da hemicelulose. Tudo indica que após seis dias em atmosfera ambiente à temperatura de 23°C os frutos dos tratamentos chegaram ao mesmo grau de maturação e redução na firmeza da polpa, indicando que ao completar sua maturação, frutos mantidos em atmosfera controlada não tiveram interferência no atributo textura, mantendo a qualidade após o tratamento aplicado aos mesmos.

4.2.1.4 Cor da polpa

Para a aceitação da cor da polpa, o controle (20,8% O₂ - 0,1% CO₂) e o tratamento 3% O₂ - 6% CO₂ se destacaram com as maiores médias, entre as categorias "gostei moderadamente" e "gostei muito", não diferindo ($p > 0,05$) entre si. O tratamento 3%O₂ - 12%CO₂ obteve aceitação da cor similar à dos demais tratamentos, enquanto ao tratamento contendo 1% O₂ -12% CO₂ foi atribuída a menor média ($p \leq 0,05$) - Figura 26.

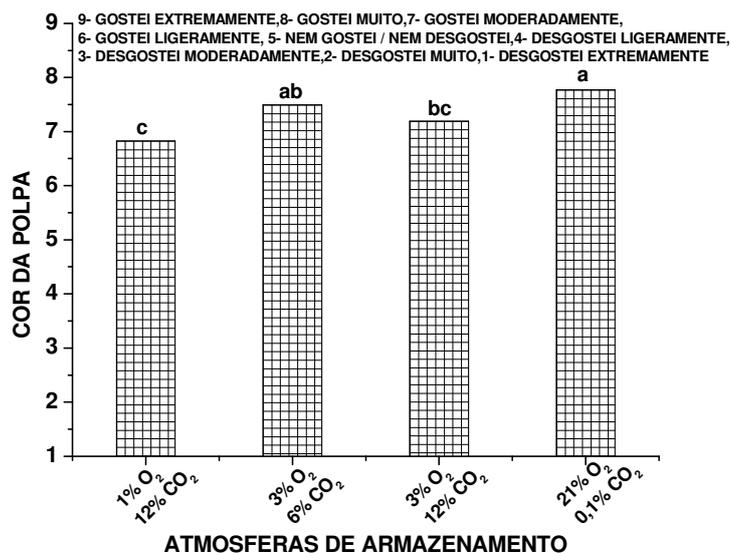


Figura 26 – Médias de aceitação, referentes ao atributo sensorial cor da polpa, atribuídas pelos consumidores (n=87) de mamões Golden *in natura* após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada e seis dias em refrigeração a 23 °C e UR de 85-95%. Barras com letras iguais correspondem a tratamentos que não diferem segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os tratamentos 3%O₂ - 12%CO₂ e 1%O₂ - 12%CO₂ que contêm maior concentração de CO₂ obtiveram as menores médias, possivelmente devido à ação do CO₂ e da adsorção de etileno na redução do metabolismo e conseqüentemente no retardamento da maturação dos frutos. Observa-se ainda que o tratamento que contém maior concentração de O₂ obteve média maior quando comparado com o tratamento de menor concentração de O₂. Martins (2005) mostrou em seu trabalho que mamões Golden armazenados em atmosferas de concentrações menores que 3% de O₂ apresentavam distúrbios fisiológicos.

O atraso na maturação dos frutos mantidos na atmosfera de 1%O₂ - 12%CO₂, não possibilitou o completo amarelecimento da polpa destes frutos. Santana et al. (2004), apontaram que para os atributos hedônicos aparência e cor, em genótipos de mamões, que ficou evidenciado que os frutos da grande maioria dos genótipos avaliados alcançaram médias próximas de 7,0 (“gostei moderadamente”), demonstrando que a cor vermelho-alaranjada destes frutos foi extremamente apreciada e os genótipos de coloração amarelada atingiram a

menor média correspondente a “desgostei ligeiramente”, pois não é muito apreciada pelos consumidores de mamão, que associam colorações vermelho-alaranjadas, presentes nos demais genótipos, aos frutos de melhor qualidade.

4.2.1.5 Impressão global

No atributo impressão global, as maiores médias de aceitação foram para o tratamento 3%O₂ - 6%CO₂ e o controle 20,8%O₂ - 0,1% CO₂, entre as categorias “gostei moderadamente” e “gostei muito”, não diferindo ($p > 0,05$) entre si. Os tratamentos 3%O₂ - 12%CO₂ e 1% O₂ - 12% CO₂ tiveram as menores médias e não diferiram estatisticamente (Figura 27).

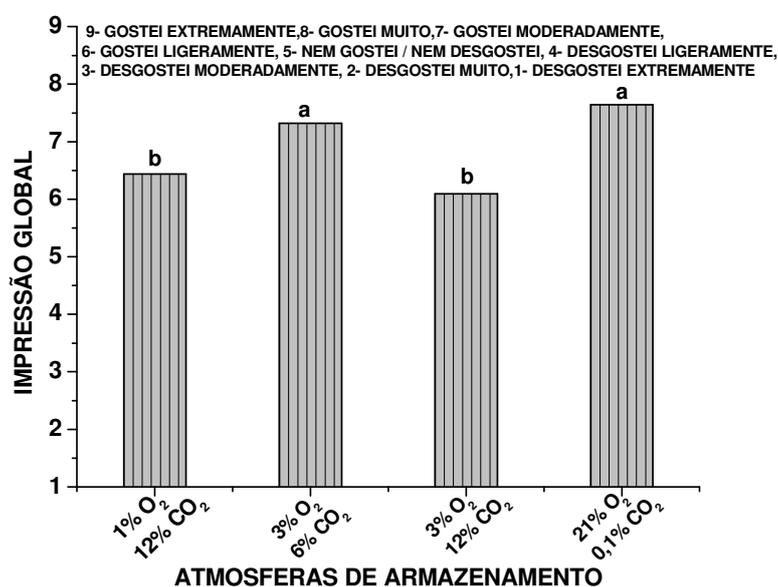


Figura 27 – Médias de aceitação, referentes ao atributo sensorial impressão global, atribuídas pelos consumidores ($n=87$) de mamões Golden *in natura* após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada e seis dias em refrigeração a 23°C e UR de 85-95%. Barras com letras iguais correspondem a tratamentos que não diferem segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observou-se em todos os atributos sensoriais, que o tratamento 3%O₂-6% CO₂ se destaca em relação aos outros tratamentos e médias de aceitação similares às do controle (20,8% O₂ -0,1%CO₂). Desta forma, é possível que os frutos dos tratamentos 3% O₂ - 6% CO₂, 3% O₂ - 12% CO₂ e 1% O₂ - 12%CO₂

tenham se mantido bem conservados durante os 30 dias de armazenamento, e segundo as observações obtidas através dos atributos hedônicos, os tratamentos contendo baixas concentrações (1%) de O_2 e aqueles com concentrações de 3 % de O_2 associados a altas concentrações de CO_2 , foram os que receberam menores médias de aceitação pelos consumidores. Certamente estes tratamentos foram prejudicados pelas concentrações gasosas que não favoreceram o amadurecimento normal do fruto, causando algum distúrbio fisiológico que foi ressaltado nos atributos sensoriais de aroma, sabor e coloração da polpa. Contudo, observa-se que durante os seis dias em que os frutos ficaram em atmosfera ambiente e à temperatura de $23^\circ C$, foi suficiente para que ocorresse o completo amadurecimento dos frutos como mostrado no atributo sensorial hedônico da textura da polpa, onde não houve diferença entre os tratamentos.

O mesmo foi observado por Oliveira et. al. (2006), onde mamões Golden mantidos em atmosfera modificada com absorvedor de etileno tiveram uma redução no amadurecimento promovido pela embalagem e absorvedor de etileno. As maiores notas para os atributos sensoriais foram obtidas após um maior tempo de armazenamento, possivelmente, devido ao completo amadurecimento do fruto. E ainda, Fonseca et al., (2003) confirmam que na simulação de período mais curto de armazenamento, foram observados maiores valores da razão entre sólidos solúveis totais e acidez titulável nos frutos conservados sob atmosfera controlada contendo $3\%O_2 - 3\%CO_2$ ou $6\%CO_2$, e ambiente (70% U.R.). E diz que a superioridade somente se manteve na atmosfera contendo $3\%O_2$ e $6\%CO_2$ e na atmosfera ambiente com 70% de umidade relativa, após 4 dias. Os maiores índices de maturidade encontrados nestas duas datas suportam que o armazenamento, por 20 dias, em atmosfera contendo $3\%O_2$ e $6\%CO_2$, proporcionou maior qualidade sensorial ao mamão 'Golden'.

A impressão global, mostra de maneira geral a satisfação do consumidor com o produto, onde, após avaliar todos os atributos ele conclui qual é o melhor produto, como mostrado por Berilli et al. (2011), que ao avaliarem frutos de cultivares de abacaxi, a cultivar EC-93 teve a menor aceitação em todos os atributos avaliados, enquanto as cultivares Gold e Vitória foram as mais bem aceitas pelos consumidores, com relação aos atributos aroma, sabor, textura e impressão global, obtendo também atitude de compra positiva.

4.2.2 Perda de massa

Os resultados de perda de massa dos frutos armazenados na atmosfera com 3% O₂ - 6%CO₂, 3% O₂ -12% CO₂ e 1% O₂ - 12% CO₂ e controle (21% de O₂ - 0,1% de CO₂) a 13°C e 85%-95% UR durante 20 dias e mais seis dias em atmosfera ambiente a 23°C estão mostrados na Figura 28.

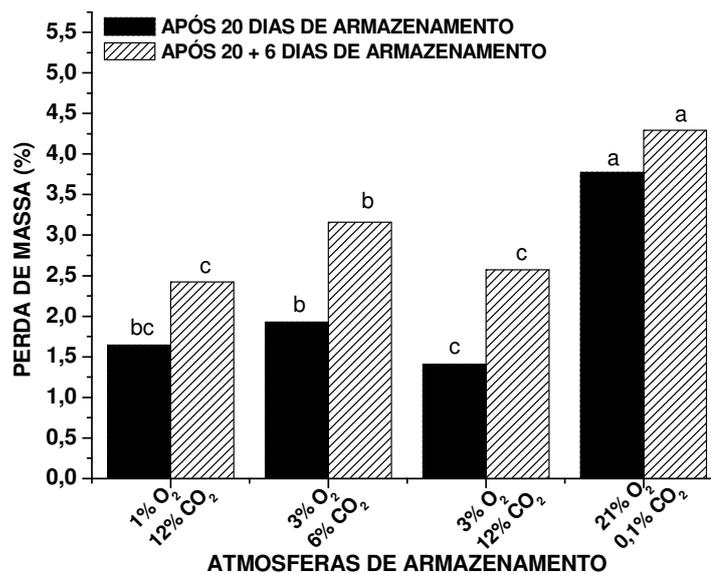


Figura 28 – Evolução da perda de massa (%) de mamões 'Golden' após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada e seis dias em refrigeração a 23°C e UR de 85-95%. Barras com letras iguais, para os mesmos intervalos de tempo, correspondem a tratamentos que não diferem segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A perda de massa dos frutos armazenados durante os 20 dias em atmosfera controlada foi influenciada pela concentração de O₂ e CO₂ no ambiente. Os frutos do tratamento de controle (20,8 %O₂ - 0,1 %CO₂) apresentaram os maiores valores de perda de massa, alcançando 3,77 %. Os frutos mantidos em baixas concentrações de O₂ e na maior concentração de CO₂ apresentaram os menores valores de perda de massa, com média de 1,53 %. Observa-se ainda uma pequena influência da concentração de CO₂ na redução da perda de massa, visto que os frutos mantidos em 3%O₂ - 6%CO₂ apresentaram

valores médios de 1,93 % que foram um pouco superiores àqueles dos frutos mantidos em maiores concentrações de CO₂, notadamente para o tratamento com 3%O₂ - 12%CO₂, que apresentou média de 1,41 %.

Após a remoção das atmosferas e manutenção dos frutos por seis dias em atmosfera ambiente a 23°C observou-se o aumento da perda de massa em todos os tratamentos, mas preservando-se o mesmo efeito de redução da perda de massa em atmosferas contendo as menores concentrações de O₂ e maiores concentrações de CO₂. Destaca-se que as medidas são representativas de população infinita de mamões Golden contendo 60 repetições. Ao contrário, Fonseca et al. (2003) relataram que não houve diferença na perda de massa dos frutos armazenados nas atmosferas de 3%O₂ - 3%CO₂; 3%O₂ - 6%CO₂; 3%O₂ - 8%CO₂, 5%O₂ - 8%CO₂ e o controle. Segundo Pinto (2003), a perda de massa em mamão 'Golden' segue uma cinética de ordem zero, com uma taxa constante ao longo do armazenamento, devido à resistência à transferência de água provocada pela casca.

4.2.3 Avaliação da cor

Durante o amadurecimento o fruto torna-se mais colorido em decorrência da degradação da clorofila e do desenvolvimento acentuado de pigmentos carotenoides e ou flavonoides. Os estádios de maturação, o ponto de colheita e de consumo em diversas frutas são definidos pela cor da casca. O parâmetro de Hunter *L* indica o histórico de luminosidade da casca dos frutos ao longo da maturação, sendo, que valores próximos a 100 representam o branco e próximos a 0 o preto.

A análise da coloração da casca pelo Colorímetro Hunter mostrou que após 20 dias de armazenamento em atmosfera controlada a luminosidade (parâmetro de Hunter *L*) foi maior no lado exposto ao sol nos frutos armazenados na atmosfera de 3% O₂ / 6% CO₂, após seis dias em atmosfera ambiente a maior média ficou no controle (21% de O₂ - 0,1% de CO₂) e a menor evolução da luminosidade no tratamento 3%O₂ - 13%CO₂. Quanto ao lado não exposto ao sol, os frutos mantidos por 20 dias em atmosferas de 3%O₂ - 6%CO₂ e 3%O₂ - 13%CO₂ tiveram o maior valor de luminosidade se igualando estatisticamente e o tratamento 1%O₂ - 13%CO₂ juntamente com o controle (21% de O₂ - 0,1% de

CO₂) apresentaram os menores valores, se igualando estatisticamente, porém, após cinco dias em atmosfera ambiente todos os frutos dos tratamentos obtiveram valores de luminosidade menor e o controle apresentou maior luminosidade (Figura 29a).

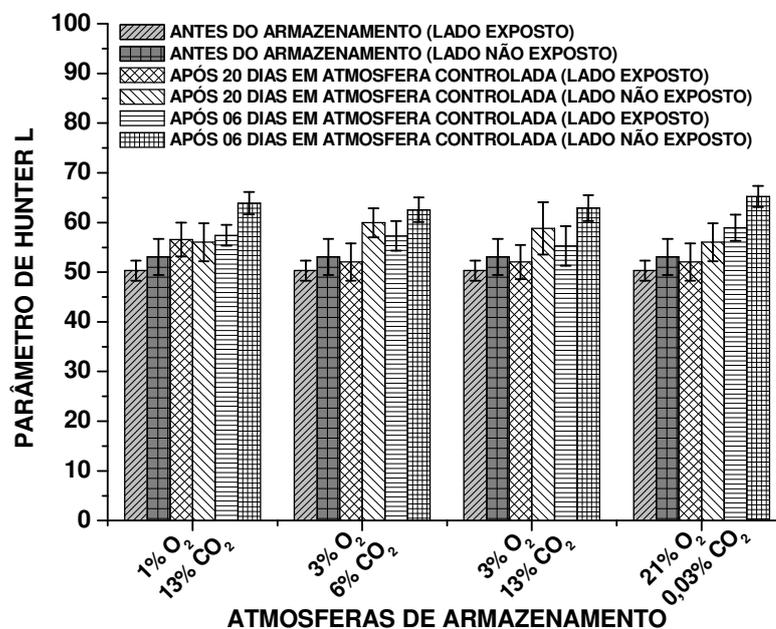


Figura 29a – Evolução do parâmetro de Hunter *L* na casca de mamões 'Golden' armazenados Durante 20 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção das atmosferas e armazenamento durante seis dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

Assim como ocorrido no parâmetro de Hunter *L*, o parâmetro de Hunter *b* indica o histórico de cor amarela dos frutos ao longo da maturação, onde, valores de *b* positivos indicam tendência ao amarelo e negativos para o azul. No tempo de 20 dias de armazenamento, em frutos armazenados nas atmosferas controladas de 1% O₂ - 13%CO₂ e 3% O₂ - 13% CO₂ não houve diferença entre eles, contudo, o tratamento 3% O₂ / 6% CO₂ apresentou maior evolução da cor amarela. Já no tempo de 20 + 6 dias, o controle (21% de O₂ - 0,1% de CO₂) mostrou valores maiores indicando a evolução da cor amarela e o tratamento contendo concentrações de 3% O₂ - 13% CO₂ menor valor (Figura 29b).

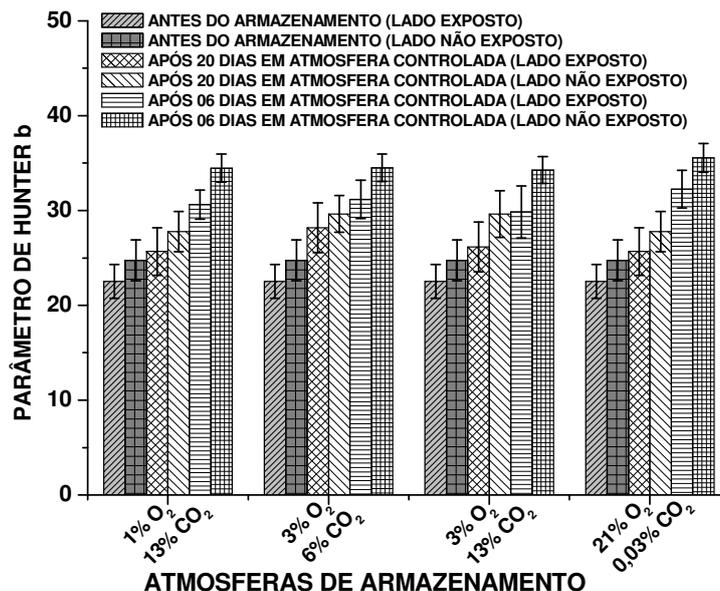


Figura 29b – Evolução do parâmetro de Hunter *b* na casca de mamões ‘Golden’ armazenados Durante 20 dias, sob diferentes composições de atmosferas, e após a remoção das atmosferas e armazenamento durante seis dias a 13°C e UR de 85-95%. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

O comportamento apresentado pelos frutos durante o armazenamento de 20 dias em atmosfera controlada indica uma tendência de conservação da maturação nos frutos mantidos em atmosferas contendo alta concentração de CO₂ e indicativo de leve maturação na atmosfera de 3%O₂ - 6%CO₂ quando comparado com o controle (21%O₂ - 0,1% CO₂) (Figura 30). Este comportamento pode ser explicado pela influência que a temperatura e atmosfera controlada pode causar no metabolismo do fruto, ocasionando a diminuição da degradação da clorofila, devido à redução da biossíntese e ação do etileno, assim como observado por Almeida et al., (2005).



Figura 30 - Caracterização fotográfica das faces expostas (E) e não-expostas (NE) de mamões 'Golden' após 20 dias de armazenamento sob refrigeração em atmosfera de 1 % O₂ - 12% CO₂ com a adsorção de etileno (a), atmosfera 3 % O₂ - 12% CO₂ de (b), atmosferas 3 % O₂ - 6% CO₂ (c), controle 20,8% O₂ - 0,1% CO₂ (d)

Ao retirar os frutos das atmosferas controle e mantê-los por seis dias em atmosfera ambiente, estes frutos chegaram a um grau de maturação maior, mas não tão avançado como os frutos do controle (20,8% O₂ - 0,1% CO₂), que em todos os parâmetros de Hunter tiveram valores maiores, indicando amarelecimento completo da casca (Figura 31).



Figura 31 - Caracterização fotográfica das faces expostas (E) e não-expostas (NE) de mamões 'Golden' após 20 dias de armazenamento sob refrigeração em atmosfera controlada + 6 dias somente sob refrigeração a 23°C. Atmosfera controlada de 1 % O₂ - 12% CO₂ com a adsorção de etileno (a), atmosfera 3 % O₂ - 12% CO₂ de (b), atmosferas 3 % O₂ - 6% CO₂ (c), controle 20,8% O₂ - 0,1% CO₂ (d)

Este comportamento condiz com o encontrado por Oliveira et al. (2002), que observaram acréscimos nos valores de todos os parâmetros em função do

estádio de maturação, o que indica aumento da contribuição das cores primárias negro, vermelho e amarelo durante o período de amadurecimento.

4.3 Experimento 3: Estudo da taxa de respiração dos frutos em atmosfera controlada

4.3.1 Taxa de respiração

Mamões Golden armazenados em diferentes atmosferas controladas por 30 dias à temperatura de 13°C e 85% – 95% de umidade relativa indicaram comportamento respiratório diferenciado como mostram as Figuras 31a e 31b. Na avaliação da taxa de produção de CO₂ e absorção de O₂, observa-se um comportamento climatérico na respiração dos frutos armazenados nas diferentes atmosferas de armazenamento, sendo mais pronunciado na atmosfera com concentração de 20,8 %O₂ - 0,1% CO₂. Nos primeiros 10 dias de armazenamento os frutos mantidos nas diferentes atmosferas apresentaram baixos valores de taxa de respiração típicos de um comportamento pré-climatérico. Contudo, a partir desta data ocorre o incremento progressivo da respiração dos frutos mantidos na atmosfera de 20,8 %O₂ - 0,1% CO₂, chegando aos 30 dias com a taxa de produção de CO₂ em 33,18 ml CO₂Kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 31a e 31 b).

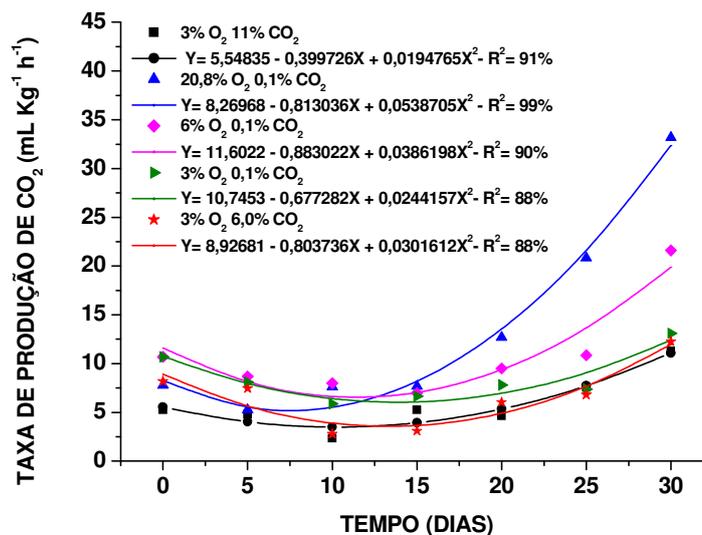


Figura 31.a – Taxa de produção de CO₂ (ml Kg⁻¹ h⁻¹) dos frutos armazenados por 30 dias em diferentes atmosferas controladas à temperatura de 13°C e 85% – 95% de umidade relativa

A redução da concentração de oxigênio até o limite de 3 % de O₂ promoveu uma redução drástica na taxa de respiração, de tal forma que a taxa de produção de CO₂ ficou com valores próximos àqueles obtidos no início do armazenamento (Figura 31.a). O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera contendo baixo teor de O₂ (3 %) provocou uma redução mínima na taxa de respiração, conforme pode ser destacado pelas medidas da taxa de consumo de O₂ (Figura 31.b).

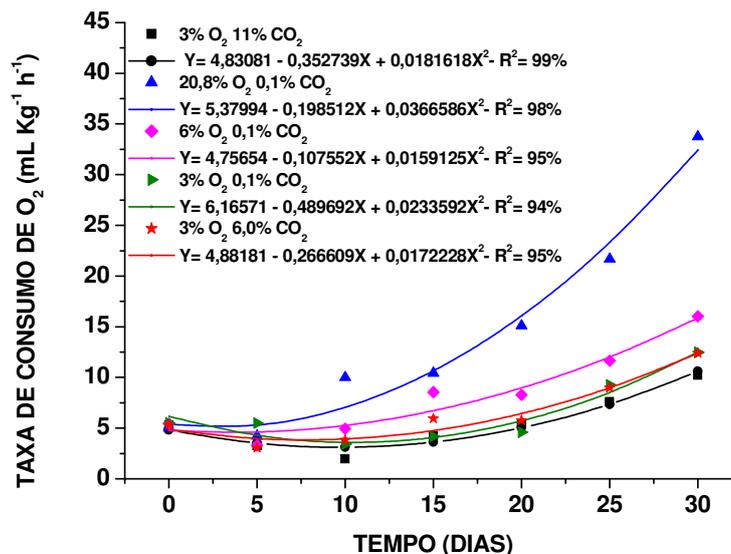


Figura 31. b – Taxa de consumo de O₂ (ml Kg⁻¹ h⁻¹) dos frutos armazenados por 30 dias em diferentes atmosferas controladas à temperatura de 13°C e 85% – 95% de umidade relativa

Paull & Chen (1983) estudando outras variedades de mamão, verificaram picos na atividade respiratória para este fruto. O aumento na produção de CO₂ em temperatura ambiente foi iniciado cerca de seis dias após a colheita, passando de 5 ml CO₂Kg⁻¹h⁻¹ para aproximadamente 40 ml CO₂Kg⁻¹h⁻¹ no 9º dia. Fabi et al. (2007) destacaram em mamão cultivar Golden o perfil típico do climatério, com pico na produção de CO₂ (60 ml CO₂Kg⁻¹h⁻¹) em quatro dias de armazenamento e a mesma observação foi feita por Zhang & Paull (1990), que determinaram a taxa respiratória de quatro cultivares de mamão, sendo que destas quatro, as cultivares Sanrise e Kapoho se destacaram apresentando um pico climatérico no 4º dia de armazenamento, enquanto as cultivares RL-1-3 e RL – 1-12 não apresentaram pico climatérico, mantendo sua taxa de produção de CO₂ em 20 ml CO₂Kg⁻¹h⁻¹, aproximadamente, durante os 18 dias de armazenamento.

A redução da temperatura e o aumento da umidade relativa do ambiente mantêm a qualidade dos frutos por um período maior, ocasionado pela redução da respiração a um valor mínimo, sem causar danos (Lunardi, 2009; Chitarra e Chitarra, 2005). Costa et al. (2010) observaram que os frutos de mamão ‘Golden’

armazenados a 10°C e 95% UR, apresentaram melhor aparência, com vida útil estimada até 32 dias, aproximadamente.

No presente experimento é notória a ação da temperatura sob a vida útil dos frutos, retardando o seu amadurecimento e a sua taxa de respiração. Como destacado acima, no trabalho de Fabi et al. (2007), os valores de produção de CO₂ em frutos mantidos em atmosfera ambiente e temperaturas de 25° C, chegaram a 60 mg CO₂Kg⁻¹h⁻¹ em quatro dias de armazenamento. No atual experimento o incremento da taxa de respiração nos frutos mantidos em atmosfera ambiente ocorreu a partir do 10º dia de armazenamento, com taxa de produção de CO₂ passando de 7,62 ml CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ para 33,18 mlCO₂ Kg⁻¹h⁻¹ aos 30 dias de armazenamento. Para Chitarra & Chitarra (2005), a temperatura de armazenamento é de fundamental importância, não só do ponto de vista comercial, como também por controlar a maturação, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos associados.

As atmosferas contendo concentrações maiores de CO₂ em níveis mínimos de O₂ promoveram reduções expressivas na taxa de respiração quando comparadas com as atmosferas de 20,8 %O₂ - 0,1%CO₂ e 6 %O₂ - 0,1%CO₂). As atmosferas de maior concentração de CO₂ se destacam em relação àquela contendo 3%O₂ - 0,1%CO₂, evidenciando a ação do CO₂ associada à baixa concentração de O₂ na minimização da taxa respiratória (Figura 31.a e 31.b). East et. al. (2009) observaram que a taxa de respiração de goiabas armazenadas em atmosferas controlada, com baixos níveis de O₂, foi minimizada com o aumento da concentração de CO₂. Steffens et. al. (2007) também observaram redução da produção de CO₂ em quivi cv. "Bruno" pelo alto nível de CO₂. Níveis elevados de CO₂ e/ou a redução dos níveis de O₂ retardam o amadurecimento dos frutos, diminuem metabolismos e reduzem a síntese e a ação de etileno. Níveis máximos de CO₂ provocam injúrias, mas pequenos estresses são capazes de reduzir a taxa de respiração e o consumo de reservas, mantendo uma melhor qualidade dos produtos, além de prolongar o período de armazenamento (Lana & Finger, 2000). Segundo Fonseca et al. (2003), concentrações atmosféricas com níveis médios 3% O₂ e 6% de CO₂ apresentaram frutos de mamão Golden com maiores valores da razão entre sólidos solúveis totais e acidez titulável, proporcionando maior qualidade sensorial a esses frutos.

Os frutos armazenados nas atmosferas de 3 %O₂ - 6 %CO₂ e 3 %O₂ - 11%CO₂ apresentaram uma pequena tendência de queda na taxa respiratória até o 10º dia, permanecendo constante por mais cinco dias, e após este período nota-se um pequeno aumento até o último dia de leitura, com valores de 12,26 ml CO₂Kg⁻¹h⁻¹ e 11,29 ml CO₂Kg⁻¹h⁻¹, respectivamente. Trocas gasosas de O₂ e CO₂ entre frutos e meio ambiente são essenciais para os processos metabólicos. Em algumas frutas, como peras, que são normalmente armazenadas sob atmosfera controlada em concentrações de O₂ reduzidos e níveis de CO₂ elevados, visando prolongar a vida de armazenamento do fruto, a anaerobiose pode ocorrer, eventualmente, levando a desordens fisiológicas (Tri Ho et al. ,2008). O mesmo foi observado em mangas cv Kent e Tommy Atkins armazenadas em atmosferas de CO₂ superiores a 25% (Bender e Brecht, 2000). Em mamões Golden, Martins (2005) relatou que a concentração limite mínima de 3% de oxigênio e o aumento da concentração de CO₂ até 10% minimizou o seu processo de maturação durante 48 dias de armazenamento em atmosfera controlada, sendo que os frutos armazenados em atmosferas com 3% e 5% de O₂ mostraram históricos semelhantes de acidez, e o aumento da concentração de CO₂ reduziu o processo de amadurecimento conforme indicado pelo menor conteúdo de acidez em 48 dias de armazenamento. Níveis de O₂ abaixo de 3 % promoveram distúrbios fisiológicos de enrijecimento de polpa, alteração da acidez e falha na degradação da cor verde.

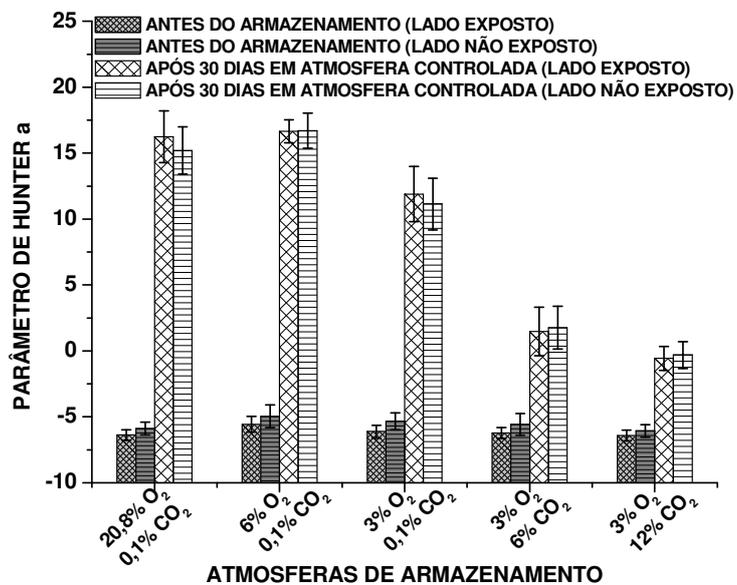
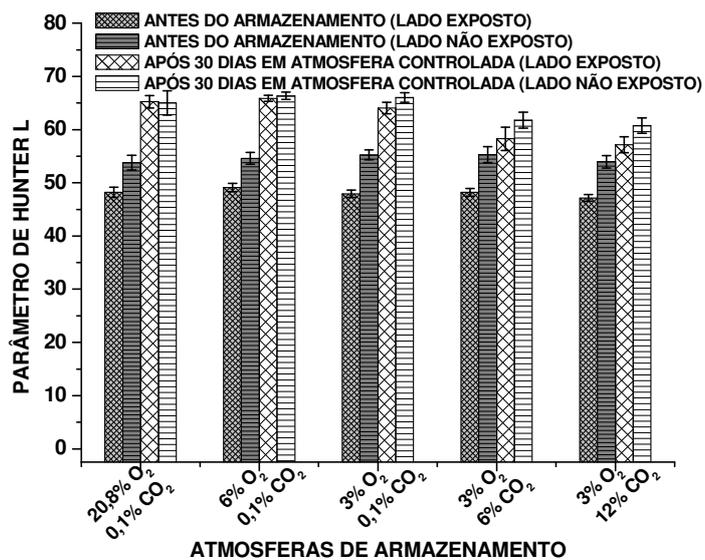
A redução da concentração de O₂ na atmosfera de armazenamento teve um efeito muito mais expressivo sobre a redução da taxa de respiração quando comparado com o efeito do aumento da concentração de CO₂, avaliado em níveis mínimos de O₂ (Figura 31.a, 31.b). O efeito da redução da taxa de respiração como função da concentração de O₂ também foi observado em estudos sobre o comportamento da produção de CO₂ e absorção de O₂ em diversas cultivares de maçã armazenadas nas diferentes concentrações de O₂ (20,8; 10; 5; 2,5; 1,5; 0,5 e 0,1 % de O₂), em que ocorreu uma redução drástica da respiração com a redução dos níveis de O₂, sendo que a produção de CO₂ diminuiu de forma mais pronunciada somente em concentrações de O₂ abaixo de 5% e a maioria das cultivares apresentou inibição máxima da respiração (produção de CO₂) na concentração de 1,5% O₂ (Saquet & Streif, J. (2002). Kole & Prasad (1994) observaram que Laranja, banana e manga, armazenadas em atmosfera

controlada, com concentrações variadas de O_2 e CO_2 , apresentaram redução na taxa de respiração, quando submetidas a atmosferas contendo baixo nível de O_2 e variados níveis de CO_2 e constataram que o CO_2 é menos expressivo sobre a redução da taxa de respiração. A menor taxa de respiração de pêssego cv “Granada”, foi verificada nos frutos armazenados em atmosfera controlada com a menor concentração de O_2 , (1,0kPa de O_2 + 3,0kPa de CO_2) tanto na saída da câmara, quanto após o período de exposição a 20 °C (Brackmann et. al. (2007).

4.3.2 Avaliação da cor

Dos frutos tropicais, o mamão se destaca por apresentar importantes atributos de qualidade. Dos atributos mais importantes pode-se citar o conteúdo de açúcares e a cor da casca totalmente amarela quando maduro, tornando o fruto bastante atrativo aos olhos do consumidor. A coloração da casca e da polpa do mamão são aspectos que determinam a sua aceitação pelo consumidor, pois este tem preferência por frutos de casca amarela ou alaranjado brilhante e polpa alaranjada-escura (Fioravanço et al., 1992).

A coloração da casca foi avaliada pelo Colorímetro Hunter e mostrou que antes do armazenamento os frutos apresentavam menores valores de Hunter *L* e *b* na face exposta do fruto ao sol (48,13 e 22,02) com respeito à face não exposta (54,57 e 25,69). Os parâmetros de Hunter *a* não foram alterados pelo lado de exposição ao sol. Além disso, os frutos de todos os tratamentos apresentaram o mesmo padrão de cor inicial (Figura 32 a, 32 b, 32 c).



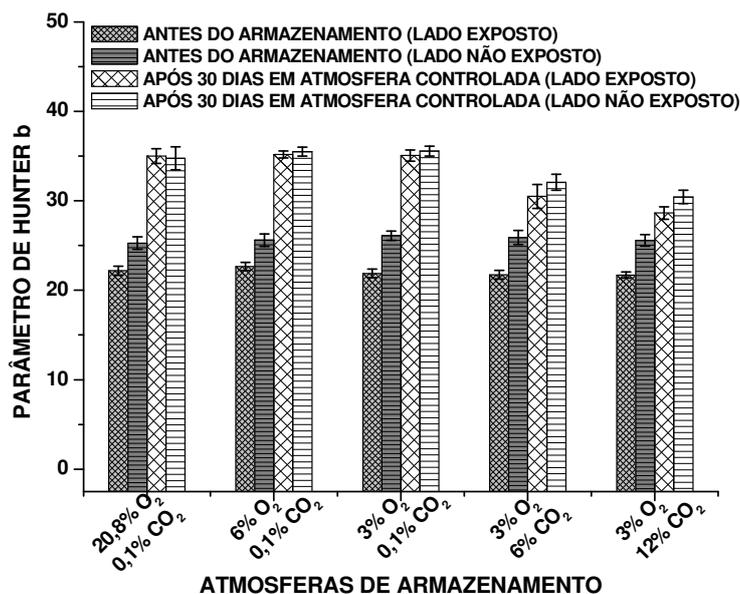


Figura 32b – Evolução do parâmetro de Hunter L (a), *a* (b) e *b* (c) na casca de mamões ‘Golden’ armazenados durante 30 dias, sob diferentes composições de atmosferas. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

Após 30 dias em atmosfera controlada, os frutos armazenados nas atmosferas de 20,8 %O₂ - 0,1 %CO₂, 6 %O₂ - 0,1 %CO₂ e 3 %O₂ - 0,1 %CO₂, não mostraram diferenças de cor quanto aos parâmetros de Hunter L e b, com valores médios de luminosidade de 65,05 e 65,80, referentes ao lado do fruto exposto e não exposto ao sol, respectivamente. Os valores de Hunter b, que indicam o histórico de cor amarela dos frutos ao longo da maturação, foram iguais a 35,09 e 35,26 (Figura 32 a e 32 b). Ainda, após os trinta dias de armazenamento nestas atmosferas, os frutos não diferenciaram quanto ao lado de exposição ao sol, ficando estatisticamente iguais para os dois parâmetros, *L* e *b*. Já os frutos armazenados em atmosferas contendo as maiores concentrações CO₂, (3 %O₂ - 11% CO₂) e (3 %O₂ - 6 %CO₂), apresentaram uma tendência de menores índices de Hunter L e b para os frutos armazenados em atmosfera com maior conteúdo de CO₂. O parâmetro de Hunter *L* indica o histórico de luminosidade da casca dos frutos ao longo da maturação, sendo que valores próximos a 100 representam o branco e próximos a 0 o preto. Estes resultados

indicam que os frutos armazenados em atmosferas contendo concentrações elevadas de CO₂ tiveram um retardo na maturação.

Os resultados vão de encontro com o observado na respiração dos frutos, onde constatou que os frutos mantidos nas atmosferas com baixos níveis de O₂ e maiores níveis de CO₂ possuíam menor taxa de respiração, não chegaram ao ponto máximo de coloração amarela da casca, conseqüentemente menor maturação. Oliveira et al.. (2002), ao avaliar a caracterização do estágio de maturação do papia 'Golden' em função da cor, observaram que os frutos com valores médios de Hunter L em 58,004 (± 2,194) e 61,089 (± 1,997), encontram-se classificados nos estádios de maturação 3 e 4, respectivamente.

Fonseca et al.. (2005), relataram não ter encontrado diferenças significativas em relação à cor da casca dos frutos de mamão Golden estocados em atmosferas com concentrações de ambiente (20,8 %O₂), 3%O₂ - 3 %CO₂; 3 %O₂ - 6 %CO₂, 3 %O₂ - 8% CO₂ e 5 %O₂ - 8 %CO₂, possivelmente devido à manutenção dos frutos a 22^o C por 12 horas, período correspondente ao deslocamento para o mercado atacadista e após isso, os frutos foram mantidos por cinco dias a 10^oC, simulando a comercialização atacadista no mercado europeu, além da simulação nas condições de comercialização no varejo (25^o C).

Ao avaliar o parametro de Hunter a, nota-se que em 30 dias de armazenamento, os frutos armazenados em atmosferas com 3 %O₂ - 11 %CO₂ apresentaram menores valores do que aqueles armazenados em atmosfera contendo 3 %O₂ - 6%CO₂, mostrando o efeito significativo do aumento da concentração de CO₂ na redução do processo de amadurecimento. Destaca-se também que em níveis mínimos de O₂ (3%), com níveis mínimos de CO₂, os valores de Hunter a foram menores quando comparados com níveis mais altos de O₂(Figura 32.b).

4.3.3 – Caracterização da perda de massa dos frutos

Na avaliação da perda de massa em mamões Golden armazenados em diferentes atmosferas controladas por 30 dias à temperatura de 13^oC e 85 – 95% de umidade relativa (UR), observou-se que houve diferença entre os tratamentos contendo concentrações mínimas de O₂ e aqueles com as atmosferas contendo 6 %O₂ - 0,1 %CO₂ e 20,8 %O₂ - 0,1 %CO₂, como mostra a Figura 33.

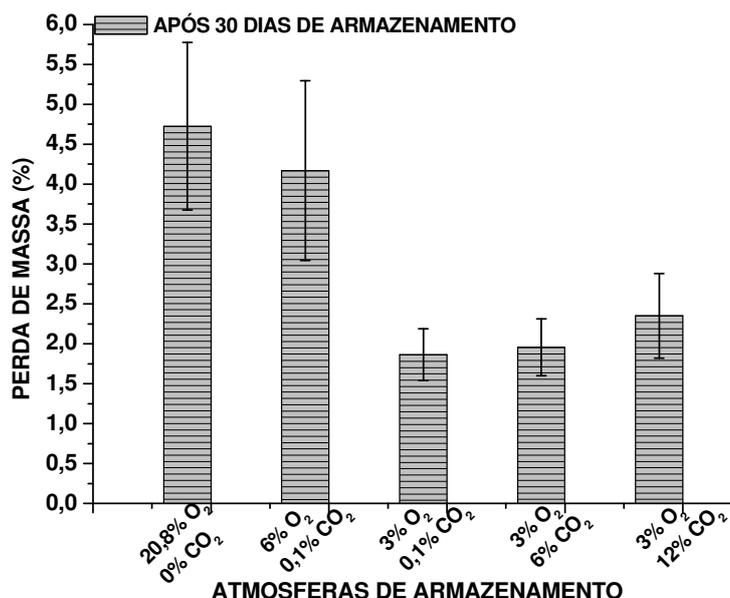


Figura 33 – Evolução da perda de massa (%) de mamões ‘Golden’ armazenados em atmosferas controladas durante 30 dias de armazenamento sob temperatura de 13°C e 85%-95% UR. As barras verticais indicam os intervalos de confiança para $p \leq 0,05$.

Observa-se que os tratamentos com maior concentração de O₂ apresentaram as maiores médias de perda de massa, sendo que, o controle (20,8%O₂ - 0,1 %CO₂) obteve o valor médio de 4,70% e a atmosfera com concentração de 6%O₂ - 0,1%CO₂ apresentou 4,16% de perda de massa. Os tratamentos com menores concentrações de O₂ (3%) apresentaram os menores valores de perda de massa, sendo iguais entre eles, com média de 2,06 % de perda de massa. Ressalta-se, contudo, que essa igualdade de perda de massa entre os tratamentos com diferentes concentrações de CO₂ em baixas concentrações de O₂ possa ter sido influenciada pelo alto coeficiente de variação das medidas.

Segundo Martins (2005), a perda de massa em mamões Golden armazenados a 13°C e 85%-95% UR durante 48 dias ocorre de forma progressiva ao longo do armazenamento em diferentes condições de atmosfera de armazenamento. Os frutos do controle apresentam perda de massa da ordem de 3,6% ao final do armazenamento. Destaca-se ainda, que as atmosferas contendo

as menores concentrações de O_2 , promovem minimização da perda de massa com relação ao tratamento de controle e o aumento da concentração de CO_2 no ambiente de armazenamento dos frutos não influencia a perda de massa, conforme verificado no presente experimento.

A perda de massa do fruto está diretamente relacionada com a perda de água, resultando em perda de qualidade, pois resulta não somente em perdas quantitativas, mas também na aparência, nas qualidades texturais e na qualidade nutricional (Kader, 1998). Como mostrado na Figura 33, os tratamentos com atmosferas de 3% do O_2 não diferiram entre si, apesar de conter diferentes concentrações de CO_2 , indicando que possivelmente a saturação de umidade no ambiente da microcâmara pode ter contribuído para minimizar qualquer diferença de perda de massa relacionada com a redução da atividade metabólica em concentrações mais elevadas de CO_2 .

Segundo Pinto et al. (2006), a perda de massa em mamão 'Golden' segue uma cinética de ordem zero, com uma taxa constante ao longo do armazenamento, devido à resistência à transferência de água provocada pela casca. Fonseca et al. (2005), observaram que a perda de massa fresca do mamão 'Golden' não diferiu entre os tratamentos na simulação de armazenamento por 20 dias, contudo, os frutos armazenados na atmosfera com maior concentração de O_2 (5%) apresentaram menor firmeza de polpa e a maior perda de massa fresca após 20 dias, destacando que este comportamento pode estar indicando que os frutos armazenados nesta atmosfera tiveram maior respiração e amadurecimento mais acelerado, em relação aos frutos armazenados sob 3% de O_2 .

RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho investigou a influência da atmosfera controlada na preservação da qualidade e no prolongamento da vida útil de mamões 'Golden' armazenados sob refrigeração.

Foram realizados três experimentos para a caracterização da qualidade dos frutos através de avaliações de características físicas e químicas, sensoriais e padrões de respiração em condições de atmosfera controlada. Foram utilizadas diversas combinações de atmosferas de armazenamento contendo 1%, 3% e 6% de O₂ e 0,1%, 6%, 12,0% e 15% de CO₂, comparando com uma condição de atmosfera ambiente (20,8% O₂ e 0,1% CO₂). Os frutos foram armazenados em microcâmaras de atmosfera controlada onde se promoveu também a remoção completa do etileno. As microcâmaras foram mantidas dentro de câmaras de refrigeração controladas na temperatura de 13°C e 85%-95% UR.

Na caracterização física e química dos frutos armazenados sob atmosfera controlada verificou-se que a utilização de baixas concentrações de O₂ e níveis mais elevados de CO₂ foi eficaz para minimizar a taxa de amadurecimento de mamões Golden e para reduzir a incidência de doenças. Mas, mesmo sob o nível mais baixo de O₂ (3%), o aumento no nível de CO₂ até 15% não inibiu o crescimento de fungos. A queda na acidez da polpa foi evitada após 30 dias de armazenamento a 3%O₂, mas em atmosferas contendo 6% de O₂, esta

diminuição da acidez foi progressivamente minimizada e evitada quando os níveis de CO_2 foram aumentados até 15%. No entanto, após a remoção de atmosferas controladas e do armazenamento, durante sete dias, sob atmosfera ambiente a acidez final foi igual aos frutos do controle. As mudanças em açúcares solúveis totais foram minimizadas sob armazenamento a um nível inferior de O_2 e nível maior de CO_2 . O conteúdo de açúcares redutores permaneceu constante em uma concentração mais elevada após o armazenamento a 3% de O_2 e 15% de CO_2 , mesmo depois da remoção da atmosfera e armazenamento durante sete dias, sob atmosfera ambiente. O benefício da utilização de atmosfera contendo 3% de O_2 e 15% de CO_2 foi confirmado pela manutenção do nível de ácido ascórbico na concentração mais elevada após a remoção da atmosfera controlada e armazenamento dos frutos durante sete dias, sob atmosfera ambiente.

Na caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados sob refrigeração em diferentes atmosferas controladas durante 20 dias e posterior manutenção em atmosfera ambiente a 23°C por seis dias, observou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias de aceitação dos frutos nos diferentes tratamentos, para todos os atributos hedônicos avaliados. De forma geral, os frutos dos tratamentos 1 % O_2 - 12 % CO_2 e 3 % O_2 - 12 % CO_2 foram os menos aceitos e diferiram do controle na maioria dos atributos hedônicos avaliados. Enquanto as médias de aceitação de todos os atributos dos frutos mantidos no tratamento com atmosfera controlada contendo 3 % O_2 - 6 % CO_2 não diferiram ($p > 0,05$) daquelas observadas para o controle (21 % O_2 - 0,1 % CO_2).

Os resultados de avaliação sensorial dos frutos, ao contrário da caracterização química realizada no primeiro experimento, mostraram que frutos armazenados em concentrações de 1% ou 3% de O_2 associadas a altas concentrações de CO_2 , obtiveram as menores médias de aceitação e confirmam que a aceitação dos frutos mantidos na atmosfera de 3% O_2 com 6% de CO_2 se aproxima do padrão de qualidade dos frutos do controle. Pode-se afirmar também que somente as avaliações químicas e físicas utilizadas neste trabalho não foram suficientes para detectar distúrbios fisiológicos que alteram a qualidade sensorial, sendo necessário que esta seja avaliada, principalmente com relação à opinião dos consumidores.

Na avaliação da taxa de respiração dos frutos em diferentes composições de atmosfera controlada verificou-se que a redução da concentração de oxigênio até o limite de 3 % de O_2 promoveu uma redução drástica na taxa de respiração de tal forma que a taxa de produção de CO_2 ficou com valores próximos àqueles obtidos no início do armazenamento. O aumento da concentração de CO_2 na atmosfera contendo baixo teor de O_2 (3 %) provocou apenas uma redução mínima na taxa de respiração.

A redução drástica na taxa de respiração dos frutos armazenados em níveis mínimos de O_2 (3%) provocou uma minimização da perda de massa dos frutos, sendo que o aumento da concentração de CO_2 nestas condições não influenciou na perda de massa. Contudo, o aumento da concentração de CO_2 em atmosferas contendo níveis mínimos de O_2 promoveu uma redução nos índices de mudança de cor da casca, indicando uma minimização da taxa de maturação dos frutos.

Conclui-se que a atmosfera indicada para o armazenamento de mamões Golden deve conter níveis de 3 % O_2 e concentrações de 6 % CO_2 , considerando as melhores características físicas e químicas e aceitação sensorial dos frutos, além da redução acentuada da taxa de respiração que permite o aumento do tempo de armazenamento dos frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abou Aziz, A. B., El-Nabawy, S. M., Zaki, H. A. (1975). Effect of different temperatures on the storage of papaya frits and respirational activity during storage. *Scientia Horticulturae*. 3:173-177.
- Agar, I. T., Streif, J., Bangerth, F. (1997). Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and hidroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biology and Technology*. 11: 47-55.
- Akamine, E. K., Goo, T. (1971). Relationship between surface color development and total soluble solids in papaya. *Hortscience*, 6(6):567-568.
- Almeida R. F., Resende, E. D., Vitorazi, L., Carlos, L. A., Pinto, L. K. Z., Silva, H. R. F., Martins, M. L. L. (2005) Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica Papaya* L.) Cv 'Golden' . *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 17-20.
- Almeida, R.F.; Martins, M.L.L.; Resende, E.D.; Vitorazi, L.; Carlos, L.A.; Pinto, L.K.A. (2006). Influence of the refrigerating temperature on the chemical characteristics of papaya fruits cv. Golden. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26 (3): 577-581.

- Alves, F. L. (2003). A cultura do mamão *Carica papaya* no mundo, no Brasil e no Estado do Espírito Santo. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória-ES, p. 11-34.
- Amaro, A. A., Caser, D. V. (2003). Análise conjuntural do mercado de mamão aspectos econômicos da comercialização. In: Martins, D. S. (2003). *Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno*. Incaper, Vitória-ES. 714p.
- Anderson, R.E, Penney, R.W. (1975) Intermittent warming of peaches and nectarine stored in a controlled atmosphere or air. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 100, n. 2, p. 151-153.
- Anderson, R.E. (1979). The influence of storage temperature and warming during storage on peach and nectarine fruit quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 104, n. 4, p. 459-461.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT – Análise sensorial dos alimentos e bebidas (1993) – Terminologia – NBR 12806. São Paulo: ABNT.
- Association of Official Analytical Chemistry. International [AOAC]. 1997. *Methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemistry*. 11^o Edição. Washington, USA.
- Balbino, J. M. S. (2003) Colheita , pós-colheita e fisiologia do amadurecimento do mamão. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória-ES, p. 403-440.
- Balbino, J. M. S., Costa, A. F. S. (2003). Colheita, pós-colheita e fisiologia do amadurecimento do mamão. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória-ES, p. 389-402 .
- Balbino, J. M. S., Costa, A. F. S. (2003). Crescimento e desenvolvimento dos frutos do mamoeiro do “Grupo Solo” e padrão de qualidade. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória-ES, p. 389-402 .

- Bender, R. J. Brecht, J.(2000) Respiração e produção de etanol e de etileno em mangas armazenadas sob diferentes concentrações de dióxido de carbono e oxigênio. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.5, p.865-871.
- Berilli, S.S., Almeida, S. B., 3 Carvalho, A. J. C., Freitas, S.J., Berilli, A. P. C. G., Santos, P. C.(2011) Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol.33, no.spe1, p.592-598. ISSN 0100-2945
- Birth, G.S.; Dull, G.G.; Magee, J.B.; Chan, H.T.; Cavaletto, C.G. (1984) An optical method for estimating papaya maturity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 109, p. 62-66, 1984.
- Bleinroth, E.W. (1988) Maturação do mamão, com suas transformações físicas e químicas. In: EMBRAPA-SPI. Mamão. Brasília, FrupeX. p. 18.
- Bleinroth, E.W. (1995). Determinação do ponto de colheita. In: – FRUPEX. *Mamão para exportação:Procedimentos de Colheita e Pós-Colheita.*) Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária . EMBRAPA, Brasília-DF, 38 p.
- Bleinroth, E.W.; Sigrist, J.M.M. (1988) Matéria-prima. In: MEDINA, J. C. editor. Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, p 179-254, 1995. (Frutas tropicais, 7)
- Brackmann, A; Bordignon, B.C.S; Hettwer Giehl, R. F.; Sestari, I.; Eisermann, A. C.(2007) Armazenamento de pêssegos cv. “Granada” em atmosfera controlada, visando ao transporte a longas distâncias. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.3, p.676-681.
- BRASIL. (1994). Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – SDR – FRUPEX. *Mamão para exportação: Aspectos Técnicos da Produção*. EMBRAPA, Brasília-DF, 52 p.
- Bron, I.U.; Jacomino, A.P. (2006). Ripening and quality of ‘Golden’ papaya fruit harvested at different maturity stages. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (3): 389-396.

- Buainain, A.M., Batalha, M.O. (2007) Cadeia produtiva de frutas. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. v.7, 102 p.
- Carvalho, C.R.L.; Mantovani, D.M.B.; Carvalho, P.R.N.; Moraes, R.M.M.(1990) Análises químicas de alimentos. Campinas: ITAL, 121p.
- Castricini, A.; Coneglian,R.C.C; Deliza, R. (2012). Starch edible coating of papaya: effect on sensory characteristics . *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 32(1): 84-92, jan.-mar.
- Cerqueira, F.O.S.; Resende, E.D.; Martins, D.R.; Santos, J.L.V.; Cenci, S.A. 2011. Qualidade do maracujá-amarelo armazenado sob refrigeração e atmosfera controlada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31 (2): 526-532.
- Chan Jr., H. T., Tam, S. Y. T. (1981). Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. *Journal of Science*, 46(1): 190-197.
- Chan Jr., H., Chang, T. S. K., Stafford, A. E., brekke, J.E. (1971). Nonvolatile acids of papaya. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 19 (2): p. 263-265.
- Chavez-Franco, S.H; Kader, A.A. (1993). Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology*, 3: 183-190.
- Chen, N. M., Paull, R. E. (1986). Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v. 111, p. 639-643.
- Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. D. (1990). Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio. Lavras-MG: ESAL/FAEPE, 320p.
- Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. D. (2005). Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio. Lavras-MG: ESAL/FAEPE, 785p
- Costa, A.F.S., Pacova, B. E. V. (2003). Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória-ES: Incaper 497 p.

- Costa, F. B., Menezes, J. B., Alves, R. L., Nunes, G. H. S., Maracajá, P. B. (2010) Armazenamento refrigerado do mamão havaí 'Golden' produzido na Chapada do Apodi – RN – Brasil. *Revista Verde*, Mossoró – RN. v.5, n.4, p. 37 – 54
- Dantas, J. L. M., Neto, M. T. C. (2000). Aspectos botânicos e fisiológicos. In: *Frutas do Brasil, Mamão Produção (Aspectos Técnicos)*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – EMBRAPA, Brasília-DF, 1: 9.
- De Wild, H.J.P.; Otma, E.C.; Peppelenbos, H.W. (2003). Carbon dioxide action on ethylene biosynthesis of preclimacteric and climacteric pear fruit. *J. Exp. Bot.* 54 (387): 1537-1544.
- Dong, J.R.; Fernández-Maculet, J.C.; Yang, S.F. (1992). Purification and characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase from apple fruit. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 89, 9789-9793.
- Draetta, I.S.; Shimokomaki, M.; Yokomizo, Y.; Fujita, J.T.; Menezes, H.C.; Bleinroth, E.W. (1975). Transformações bioquímicas do mamão (Carica papaya) durante a maturação. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 6, p. 395-408.
- East, A.R, Trejo Araya, X.I, Hertog, M.L.A.T.M., Nicholson, S.E., Mawson, A.J (2009) The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in 'Unique' feijoa fruit. *Postharvest Biology and Technology* 53 66–71
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA -. Produção brasileira de mamão em 2009 Disponível em: <http://www.embrapa.br/>. Acesso em: 11 agosto de 2012
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Disponível em: <http://www.embrapa.br/>. Acesso em: 03 maio de 2009
- Fabi, J.P.; Cordenunsi, B.R.; Barreto, G.P.M.; Mercadante, A.Z.; Lajolo, F.M.; Nascimento, J.R.O. (2007). Papaya fruit ripening: response to ethylene and 1-Methylcyclopropene (1-MCP). *J. Agric. Food Chem.*, 55: 6118-6123.

- Falcão, J. V.; Fagundes, G. R.; Filho, J. A. M.; Miranda, S. P.; Amanishi, O. K. (2002) Estudo da maturação de mamão Taunig 1 cultivado em Brasília- DF. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, Belém (CD-ROM).
- FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (2010). Acesso em: 05 de julho de 2012
- Faria, E. V., Yotsuyanagi, K. (2008) Técnica de análise sensorial. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 120p.
- Fernandez-Trujillo, J. P., Cano, I. F., (1998). Physiologic changes in pessegos relacionados to cool damage and ripening. *Postharvest Biology and Technology* 13: 109-119
- Fioravanço, J. C., Paiva, M. C., Carvalho, R. I. N., Manica, I. (1994). Características do mamoeiro Formosa comercializado em Porto Alegre de outubro de 1991 a junho de 1992. *Ciência Rural*, 24 (3):519-5.
- Fonseca, M. J. O. (2002). Conservação pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.) análise das cultivares Sunrise Solo E Golden, sob controle da temperatura e da atmosfera. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 177p.
- Fonseca, M. J. O., Cenci, S. A., Leal, N. R., Botrel N (2003). Uso de Atmosfera Controlada para Conservação Pós-Colheita do Mamão 'Golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 537-539
- Fonseca, M. J. O., Leal, N. R., Cenci, S. A., (2004). Padrão de ocorrência de doenças em mamão armazenado sob atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 547-549.
- Fontes, R.V, Viana, A. P., Pereira, M. G., Oliveira, J.G., Vieira, H. D.(2012) Manejo da cultura do híbrido de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do grupo 'Formosa' UENF/CALIMAN : 01 para melhoria na qualidade do fruto com menor aplicação de adubação NPK¹. *Revista. Brasileira. De Fruticultura*. vol.34 no.1 Jaboticabal Mar. 2012

- Gómez, M. L. P. A., Lajolo, F., Cordenunsi, B. R. (1999). Metabolismos de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (Carica papaya L. cv. Solo): influência da radiação gama. *Ciênc Tecnol Aliment* 19 (2); 246-252.
- Gonçalves, N. B, Carvalho, V.D. Características da Fruta (2002). On Line. Disponível em: http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo. Acesso em 11 fev. 2009.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012). Levantamento Sistemático Da produção agrícola Pesquisa mensal de previsão E acompanhamento Das safras agrícolas No ano civil Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home>. Acesso em julho de 2012.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home>. Acesso em maio de 2012.
- Kader, A. A. (1998) Advances in controlled atmosphere applications for quality maintenance of fresh fruits. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, 15., 1998, Poços de Caldas. Anais. Lavras: UFLA, 1998. p. 136-150.
- Kader, A. A. (1999). Papaya: recommendations for maintaining postharvest quality. Em <http://postharvest.ucdavis.edu>. University of Califórnia.
- Kader, A. A., Ben-Yehoshua, S. (2000). Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 1-13.
- Kader, A.A. (1986). Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruit and vegetables. *Food Technology*, 40: 99-104.
- Kays, S. J. (1991) *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Avi Book, 532 p.
- Kerbauy, G.B. (2008). *Fisiologia Vegetal*. Guanabara Kogan. Rio de Janeiro.

- Kist, B. B, (2012). Anuário brasileiro da fruticultura. Editora Gazeta Santa Cruz, 128 p, ISSN 1808-4931.Santa Cruz do Sul, RS.
- Kole, N. K., Prasad, S.(1994) Respiration rate and heat of respiration of some fruits under controlled atmosphere conditions. Rev. Int. Froid 1994 Volume 17 Number 3.
- Kubo, Y.; Inaba, A.; Nakamura, R. (1990) Respiration and C₂H₄ production in various harvested crops held in CO₂-enriched atmospheres. American Society
- Lara, I., Miró, R. M., Fuentes, T., Sayez, G., Graell, J., López, M. L. (2003). Biosíntesis of volatile aroma compounds in pear fruit stored under long-term controlled-atmosphere conditions. Postharvest Biology and Technology. 29: 29-39.
- Lazan, H., Ali, Z. H., Liang, K. S., Yee, K.L. (1989). Poligalacturonase activity and variation in ripening of papaya fruit with tissue depth and heat treatment. Physiologia Plantarum, 77: 93-98.
- Lazan, H., Selamat, M. K., Ali, M. (1995). β -Galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya fruit ripening. Physiol. Plant. 95: 106-112.
- Lencki, R.L ; Zhu, M. ; Chu, C.L. (2004). Comparison of unsteady- and steady-state methods for produce respiration rate determination 1. Model development and validation. Postharvest Biology and Technology, 31: 229-238.
- Lunardi, R; Teruel, B; Neves, L. C. (2009) Armazenamento refrigerado e boas práticas na conservação de frutos. In: Neves, L.M. (ed) Manual pós-colheita da fruticultura brasileira. Londrina-PR, 59 – 86.
- Ma, S. S., Chen, P. M. (2003). Storage disorder and ripening behavior of 'Doyenne du Comice' pears in relation to storage conditions. Postharvest Biology and Technology, 28: p. 281-294.

- Mahajan, P.V.; Goswani, T.K.(2001) Enzyme kinetics based modeling of respiration rate of apple. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.79, p.399-406.
- Manica, I. (1982). *fruticultura tropical: 3.Mamão*. São Paulo : Editora Agronômica Ceres, p. 58-65.
- Manrique, G.D.; Lajolo, F.M.(2004) Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 33, p. 1126.
- Marin, S. L. D., Gomes, J. A., Salgado, J. S., Martins, D. S., Fullin, E.A. (1995) *Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo*. Circular Técnica,3 (4. ed. Rev. E ampl.). Vitória : EMCAPA, 57p.
- Marin, S. L. D., Silva, J. G. F. (1996). Aspectos econômicos e mercados para a cultura do mamoeiro do grupo Solo na região norte do Espírito Santo. In: *Mamão no Brasil*. Cruz das Almas, BA: EUFBA/EMBRAPA-CNPMPF, 7. (pág-7)
- Martins, D. S. (2003). *Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno*. Incaper, Vitória-ES. 714p.
- Martins, D. S. (2005). *Radiografia do mamão papaya no mundo, Brasil e no Espírito Santo*. In: Silva, L. G. *Jornal da Fruta*, ano XIII. Lages-Santa Catarina, LS editora Jornalística LTDA. 1-20p.
- Martins, D.R. *Qualidade pós-colheita do mamão armazenado sob refrigeração em condições de atmosfera controlada*. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, 102p, 2005.
- Mathooko, F.M. 1996. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology*, 7: 1-26.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. (2006) *Sensory Evaluation Techniques*. 4^a ed. CRC Press. Boca Raton. 448 p.

- Miguel, A. C. A.; Spoto, M. H. F.; Abrahão, C.; Silva, P. P. M. (2007) Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi pérola. *Ciência Agrotécnica*, Lavras., v. 31, n. 2, p. 563- 569.
- Oliveira, A. M. G. (1994). Mamão para exportação e mercado: aspectos técnicos da produção e mercado., Brasília: EMBRAPA-SPI/MAARA/ SDR/ FRUPEX, 5p.
- Oliveira, M. A. B., Vianni, R., Souza, G., Araújo, T. M. R. (2002) Caracterização do estágio de maturação do Papaia 'Golden' em função da cor. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 559-561.
- Pal, D.K.; Subramanyam, M.D.; Divakar, N.G.; Iyer, C.P.A.; Selvaraj, Y. (1980) Studies on the physico-chemical composition of fruits of twelve papaya varieties. *Journal of Food Science and Technology*, Chicago, v. 17, p. 254-256.
- Pangborn, R. M. (1963) Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 28, p. 726-733.
- Paull, R. E., (1995). Preharvest factors and the heat sensitivity of field-grown ripening papaya fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 6 (1-2):167-175
- Paull, R. E., Gross, K., Qui, Y. (1999). Changes in papaya cell walls during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 16: p. 79-89.
- Paull, R., Chen, J. N. (1983). Postharvest Variation in Cell Wall-Degrading Enzymes of Papaya. *Plant Physiol*. 72, 382-385
- Paull, R.E. Pineapple and papaya. (1993) In: Seymour, G.B.; Taylor, J.E.; Tucker, G.A. (Ed.) *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall, 1993. p. 291-323.
- Pelayo, C., Ebeler, S. E., Kader, A. A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5° C in air or air + 20 Kpa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27: p. 171-183.

- Peryam, D. R. & Girardot, N.(1952) Advanced taste-test method. Food Engineering, v. 24, n. 7, p. 58-61,194.
- Pinto, L. K. A. (2003) Efeito de diferentes filmes plásticos aplicados na conservação de mamão (*Carica papaya* L.) cultivar Golden sob refrigeração. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes RJ, 57p.
- Pinto, L. K. A., Martins, M. L.L., Resende, E. D., Thièbaut J. T. L (2011) Atividade da pectina metilesterase e da β -galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. Golden. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 713-722, Setembro.
- Pinto, L.K.A.; Martins, M.L.L.; Resende, E.D.; Almeida, R.F.; Vitorazi, L.; Pereira, S.M.F. (2006). Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 26 (4): 444-451.
- Plaza, J. L., Alique, R., Calvo, M. A. (1989). Control de la maduración plena en el fruto de la papaya. Fruticultura profesional - nº 27 Novembro/Dezembro.
- Resende, E. D., Carlos, L. A., Vitorazi, L., Oliveira, V. V. (2003). Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de amostragem de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: CD-rom. I Reunião de pesquisa do Frutimamão no Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes
- Rogiers, S. Y., Knowles, N. R. (1998). Effects of storage temperature and atmosphere on Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruit quality, respiration and ethylene production. Postharvest Biology and Technology. 13: 183-190.
- Ruggiero, C.; São Jose, A.R.; Volpe, C.A.; Oliveira, J.C.; Durigan, J.F.; Baumgartner, J.G.; Silva, J.R.; Makamura, K.I.; Ferreira, M.E., Kavati, R.; Pereira Vp. (1996) Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. MAARA/ SDR- FRUPEX, Brasília. Embrapa-SPI, 1996. 64 p. (Embrapa-SPI. Publicações Técnicas Frupex, n. 19).

- Saltveit, M. E. (2003). Is it possible to find an optimal controlled atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 27: p. 3-13.
- Sams, C. E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*. 15: 249-254.
- Santana, L.R. R.; Matsuura, F.C.A.U., Cardoso, R.L. (2004) Genótipos melhorados de mamão: avaliação sensorial e físico-química dos frutos. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 24(2): 217-222, abr.-jun.
- Santos, C. M. S.; Vilas Boas, E. V. B.; Botrel, N.; Pinheiro, A. C. M. (2006) Influência da atmosfera controlada sobre a vida Pós-colheita e qualidade de banana prata ana. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 30, n. 2, p. 317-322, mar./abr.
- Saquet, A. A.; Streif, J. (2002) Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.8, n.1, p.71-75.
- Saquet, A.A.; Streif, J.; Bangerth, F. (2000) Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in 'Conference' pears and 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.75, p.243-249.
- Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária - SEAGRI. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Mamao>. Acesso em: 11 maio de 2009.
- Secretaria de Comércio Exterior – SECEX Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index>. Acesso em: 11 julho de 2012.
- Selvaraj, Y., Paul, D. K., Subramanyam, M. D., Yer, C. P. A. A. (1982). Changes in chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. *Journal of Horticultural Science*, 57:p. 135-143
- Senhor, R. F., Souza, P. A., Carvalho, J. N., Silval, F. L., Silva, M. C.(2009) Fatores de pré e pós-colheita que afetam os frutos e hortaliças em pós-colheita. *Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)* v.4, n.3, p. 13 - 21

- Silva, H. R. F., Resende, E. D., Vitorazi, L., Pinto, L. K. , Martins, M. L. L. (2003). Relação entre o escurecimento e a atividade da enzima fenilalanina amonialiase em mamão (*Carica papaya* L.) armazenado sob refrigeração. In: Martins, D.S. (ed.) *Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno*. Vitória-Incaper, ES: 668-671.
- Silva, J. R. R., Medina, V. M. (1997). Alterações bioquímicas durante o desenvolvimento do fruto do mamoeiro “Sunrise Solo”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.19,n.2,p.149-158.
- Souza, J. S. (2000). Aspectos Socioeconômicos. In: *Frutas do Brasil, Mamão Produção (Aspectos Técnicos)*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – EBRAPA, Brasília-DF, 1: 9. (pág-10)
- Steffens, C.A.; Brackmann, A.; Lopes, S., J.; Pinto, J.A.V; Eisermann, A.C.; Hettwer Gieh, R.F.; Webber, A. (2007) Degenerescência da polpa e respiração de quivi cv. “Bruno” em função das condições de armazenamento. *Cienc. Rural* vol.37 n°6 Santa Maria Nov./Dec.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- Thompson, A.K., Lee, G. R. (1971) Factors affecting the storage behaviour of papaya fruit. *J. Hort. Sci.*, 46: 511-516.
- Tri Ho, Q., Verboven, P., Verlinden, B. E., Lammertyn, J, Vandewalle, S., Bart M. Nicolai, B. M. (2008). A Continuum Model for Metabolic Gas Exchange in Pear Fruit. *PLoS Computational Biology*, Volume 4, Issue 3.
- Tucker, G. A. (1993) Introduction. In: Seymour, G. B.; Taylor, J. E.; Tucker, G. A. *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall, cap. 1, p. 2-51.
- Vinci, G., Botre, F., Mele, G., Rugieri, G. (1995). Ascorbic-acid in exotic fruits – A liquid-chromatographic investigation. *Food Chemistry*. 53 (2): 211-214.
- Wankier, B.N., Salunkhe, D.K., Campebell, W.F.(1970). Effects of controlled atmosphere storage on biochemical changes in apricot and peach fruit. *Journal*

of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 95, n. 5, p.604-609

Watada, A.E.(1986) Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. Food Technology, Chicago, v. 40, n. 5, p. 82-85.

Watada, A.E.; Herner, R.C.; Kader, A.A.; Romani, R.J.; Staby, G.L. (1984) Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. HortScience, Alexandria, v. 19, p. 20-21.

Wills, R. B. H., Widjanarko, S. B. (1995). Changes in physiology, composition and sensory characteristics of Australian papaya during ripening. Australian journal of Experimental Agriculture.35: 1173 – 6.

Wills, R.B.H.; Lee, T.H.; Mcglasson, W.P.; Hall, E.G. (1981).An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. *Postharvest*; 162 p.

Yang, S.F.; Hoffman, N.E. (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Annual Review of Plant Physiology, Standford, v. 35, p. 155-189.

Zhou, L. L., Paull, R. E. (2001). Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. Journal of American Society For Horticultural Science. 126 (3): 351-357.

Zhou, L.; Christopher, D.A.; Paull, R.E. (2000). Defoliation and fruit removal effects on papaya fruit production, sugar accumulation, and sucrose metabolism. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 125 (5): 644-652.

APÉNDICES

APÊNDICE A

Figuras : Caracterização da qualidade sensorial dos frutos armazenados em diferentes atmosferas controladas

Questionário de Recrutamento de Consumidores

Esta é uma avaliação sensorial de **MAMÃO GOLDEN (Papaya)** e corresponde a uma das etapas experimentais de uma pesquisa de Doutorado em Produção Vegetal, do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UENF, sobre armazenamento de frutos em atmosfera controlada e refrigeração. Os frutos são provenientes de cultivo segundo as Boas Práticas Agrícolas por empresa produtora e fornecedora de frutos para os mercados nacional e internacional, obedecendo a normas internacionais de exportação de frutos. **CASO VOCÊ NÃO POSSUA NENHUM IMPEDIMENTO DE SAÚDE** para consumir esse produto e tenha interesse em **PARTICIPAR VOLUNTARIAMENTE** desta degustação, por favor, preencha esta ficha e assine-a, dando o seu consentimento.

Nome: _____ Data: ___ / ___ /

Contatos: Laboratório: _____ ramal: _____ Celular: _____
e-mail: _____

Idade: _____ Sexo: () F () M

Por favor, marque na escala da esquerda o quanto você gosta ou desgosta de mamão.

- Gosto extremamente / adoro
- Gosto muito
- Gosto moderadamente
- Gosto ligeiramente
- Nem gosto / Nem desgosto
- Desgosto ligeiramente
- Desgosto moderadamente
- Desgosto muito
- Desgosto extremamente / detesto

MUITO OBRIGADA PELA COLABORAÇÃO!

Derliane – Laboratório de Análise Sensorial

Figura 1A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de participação dos consumidores.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MAMÃO GOLDEN (Papaya)

Nome: _____

Data: ____/____/____

Você está recebendo amostras codificadas de **MAMÃO GOLDEN**. Por favor, avalie cada amostra e, utilizando a escala abaixo, indique o número correspondente à resposta que expresse o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra em relação à **COR**, **AROMA**, **SABOR**, **TEXTURA** e **IMPRESSÃO GLOBAL** da mesma.

- 9- Gostei extremamente
- 8- Gostei muito
- 7- Gostei moderadamente
- 6- Gostei ligeiramente
- 5- Nem gostei / nem desgostei
- 4- Desgostei ligeiramente
- 3- Desgostei moderadamente
- 2- Desgostei muito
- 1- Desgostei extremamente

AMOSTRA	RESPOSTA				
	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	IMPRESSÃO GLOBAL

Figura 2A – Escala hedônica estruturada de nove pontos (Peryam e Girardot, 1952).

APÊNDICE B

Análise estatística: Caracterização da qualidade dos frutos estocados em diferentes composições de atmosfera controlada

Quadro 1B – Análise estatística para parâmetro de Hunter L em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Hunter L								
Tratamentos	30 dias Atmosfera controlada				7 dias após remoção atmosfera			
	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo zero	54,08	4,98	1,25	1,08	54,08	4,98	1,25	1,08
Controle	64,99	1,83	0,55	0,14	65,59	2,09	0,64	0,19
3%O ₂ -6%CO ₂	58,50	4,92	1,34	1,05	62,76	3,26	0,55	0,14
3%O ₂ -10%CO ₂	58,50	4,92	1,34	1,05	63,12	3,68	1,08	0,59
3%O ₂ -15%CO ₂	57,74	3,55	0,96	0,55	62,14	4,02	1,16	0,70
6%O ₂ -6%CO ₂	61,08	4,04	1,15	0,71	63,84	3,19	0,95	0,44
6%O ₂ -10%CO ₂	59,37	5,70	1,58	1,42	60,90	3,48	0,99	0,52
6%O ₂ -15%CO ₂	59,34	3,53	0,98	0,54	61,15	2,47	1,61	0,09
20%O ₂ -0,03%CO ₂	65,20	1,81	0,55	0,14	65,62	1,71	0,52	0,12

Quadro 2 – Análise estatística para parâmetro de Hunter b em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Hunter b								
Tratamentos	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção Atmosfera			
	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	54,08	4,98	1,25	1,08	54,08	4,98	1,25	1,08
Controle	64,99	1,83	0,55	0,14	65,55	2,09	0,64	0,19
3%O ₂ -6%CO ₂	58,50	4,92	1,34	1,05	62,76	3,26	0,95	0,46
3%O ₂ -10%CO ₂	58,50	4,92	1,34	1,05	63,12	3,68	1,08	0,59
3%O ₂ -15%CO ₂	57,74	3,55	0,96	0,55	62,14	4,02	1,16	0,70
6%O ₂ -6%CO ₂	61,08	4,04	1,15	0,71	63,84	3,19	0,95	0,44
6%O ₂ -10%CO ₂	59,37	5,70	1,58	1,42	60,90	3,48	0,99	0,52
6%O ₂ -15%CO ₂	59,31	3,53	0,98	0,54	61,15	2,47	0,70	0,26
20%O ₂ -0,03%CO ₂	65,20	1,81	0,55	0,14	65,62	1,71	0,52	0,12

Quadro 3 – Análise estatística para parâmetro de Hunter *a* em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Hunter <i>a</i>								
	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção Atmosfera			
Tratamentos	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	2,15	93,32	0,94	380,4	2,15	93,32	0,94	380,4
Controle	14,39	11,49	0,77	5,77	15,96	8,84	0,66	3,41
3%O₂-6%CO₂	2,34	105,33	1,15	484,67	7,54	32,01	1,12	44,77
3%O₂-10%CO₂	2,34	105,33	0,15	484,67	7,95	36,78	1,36	59,09
3%O₂-15%CO₂	3,06	76,40	1,09	254,99	7,70	36,70	1,32	58,85
6%O₂-6%CO₂	6,78	41,40	1,31	74,89	10,25	15,28	0,73	10,21
6%O₂-10%CO₂	5,74	57,99	1,55	146,90	5,20	62,11	1,50	168,51
6%O₂-15%CO₂	2,77	107,98	1,40	509,36	6,28	39,56	1,16	68,37
20%O₂-0,03%CO₂	14,50	9,03	0,61	3,56	14,23	10,92	0,72	5,21

Quadro 4 – Análise estatística para sólidos solúveis totais em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Sólidos Solúveis Totais								
	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção Atmosfera			
Tratamentos	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	12,10	9,33	0,52	3,80	12,10	9,33	0,52	3,80
Controle	11,08	4,92	0,25	1,05	11,25	4,61	0,24	0,92
3%O₂-6%CO₂	11,46	4,50	0,24	0,88	11,34	4,37	0,23	0,83
3%O₂-10%CO₂	11,47	4,43	0,23	0,85	11,41	4,61	0,24	0,92
3%O₂-15%CO₂	11,69	6,75	0,36	1,99	11,40	5,32	0,28	1,23
6%O₂-6%CO₂	11,56	5,66	0,30	1,40	11,73	4,02	0,22	0,70
6%O₂-10%CO₂	11,73	4,43	0,24	0,85	11,03	4,40	0,22	0,84
6%O₂-15%CO₂	11,27	5,12	0,27	1,14	10,93	8,24	0,425	2,97
20%O₂-0,03%CO₂	11,40	5,93	0,17	0,31	10,72	3,78	0,18	0,62

Quadro 5 – Análise estatística para açúcares redutores totais em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Açúcares Redutores Totais								
Tratamentos	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção Atmosfera			
	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	11,75	4,54	0,24	0,90	11,75	4,54	0,24	0,90
Controle	9,47	8,39	0,37	3,08	10,85	1,62	0,08	0,11
3%O ₂ -6%CO ₂	10,57	1,51	0,07	0,10	10,95	5,40	0,27	1,27
3%O ₂ -10%CO ₂	10,66	5,45	0,27	1,30	11,20	4,61	0,24	0,92
3%O ₂ -15%CO ₂	11,75	8,03	0,44	2,81	11,20	6,34	0,33	1,76
6%O ₂ -6%CO ₂	11,24	6,81	0,35	2,02	11,47	4,82	0,25	1,01
6%O ₂ -10%CO ₂	11,15	4,81	0,25	1,01	10,72	5,20	0,26	1,18
6%O ₂ -15%CO ₂	10,72	4,59	0,23	0,92	10,45	7,98	0,39	2,78
20%O ₂ -0,03%CO ₂	10,81	6,16	0,31	1,66	10,35	4,40	0,21	0,84

Quadro 6 – Análise estatística para açúcares redutores em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Açúcares Redutores								
Tratamentos	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção Atmosfera			
	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	10,82	7,94	0,40	2,75	10,82	7,94	0,40	2,75
Controle	8,32	5,44	0,21	1,29	9,87	4,85	0,22	1,03
3%O ₂ -6%CO ₂	9,30	5,19	0,22	1,17	10,37	4,31	0,20	0,81
3%O ₂ -10%CO ₂	9,39	3,82	0,16	0,63	10,45	3,41	0,16	0,50
3%O ₂ -15%CO ₂	10,87	7,45	0,37	2,42	10,75	7,19	0,36	2,26
6%O ₂ -6%CO ₂	10,85	7,33	0,37	2,34	10,98	4,76	0,24	0,99
6%O ₂ -10%CO ₂	10,01	5,28	0,24	1,22	10,40	5,08	0,24	1,13
6%O ₂ -15%CO ₂	9,91	5,48	0,25	1,31	10,34	4,26	0,20	0,79
20%O ₂ -0,03%CO ₂	10,12	6,01	0,28	1,58	10,17	5,25	0,24	1,20

Quadro 7 – Análise estatística para pH em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

pH								
Tratamentos	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção da Atmosfera			
	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	5,07	3,99	0,09	0,69	5,06	3,99	0,094	0,69
Controle	5,14	2,77	0,06	0,33	5,01	2,34	0,055	0,24
3%O₂-6%CO₂	4,96	1,96	0,04	0,16	5,16	2,58	0,062	0,29
3%O₂-10%CO₂	4,97	1,87	0,04	0,15	5,06	1,73	0,040	0,13
3%O₂-15%CO₂	5,04	2,05	0,04	0,18	5,17	1,82	0,044	0,14
6%O₂-6%CO₂	5,14	1,89	0,04	0,15	5,15	0,12	0,060	0,27
6%O₂-10%CO₂	5,03	1,81	0,04	0,14	5,13	1,87	0,044	0,15
6%O₂-15%CO₂	5,02	2,44	0,57	0,26	5,06	1,91	0,045	0,16
20%O₂-0,03%CO₂	5,04	2,44	0,05	0,26	5,04	3,39	0,079	0,50

Quadro 8 – Análise estatística para acidez em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Acidez								
Tratamentos	30 dias Atmosfera controlada				7 dias após remoção da atmosfera			
	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo zero	0,15	7,82	0,005	2,67	0,15	7,82	0,005	2,67
Controle	0,13	8,48	0,005	3,14	0,13	12,23	0,007	6,54
3%O₂-6%CO₂	0,15	9,95	0,007	4,33	0,12	11,43	0,006	5,71
3%O₂-10%CO₂	0,14	10,34	0,007	4,67	0,13	9,91	0,006	4,29
3%O₂-15%CO₂	0,15	10,11	0,007	4,46	0,13	15,51	0,009	10,51
6%O₂-6%CO₂	0,130	8,59	0,005	3,28	0,12	8,53	0,004	3,18
6%O₂-10%CO₂	0,14	6,45	0,004	1,81	0,12	9,71	0,005	4,12
6%O₂-15%CO₂	0,15	6,64	0,004	1,92	0,13	6,15	0,003	1,65
20%O₂-0,03%CO₂	0,14	11,50	0,004	5,78	0,13	15,41	0,009	10,38

Quadro 9 – Análise estatística para ácido ascórbico em polpa de mamão cultivar Golden no final do armazenamento de 30 dias em atmosfera controlada e 7 dias somente em refrigeração

Ácido Ascórbico								
	30 dias Atmosfera Controlada				7 dias após remoção Atmosfera			
Tratamentos	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)	Média Geral	Coefficiente de variação	Intervalo de confiança (0,05%)	Amostra Ideal (10%)
Tempo 0	73,93	18,76	6,48	15,38	73,93	18,76	6,48	15,38
Controle	104,26	10,59	5,16	4,90	38,50	35,31	6,35	54,46
3%O₂-6%CO₂	99,45	7,46	3,46	2,43	63,13	11,39	3,36	5,67
3%O₂-10%CO₂	92,14	10,90	4,69	5,19	93,49	11,23	4,91	5,51
3%O₂-15%CO₂	91,06	11,88	5,05	6,17	89,96	11,09	4,64	5,38
6%O₂-6%CO₂	92,58	9,73	4,21	4,14	98,09	9,27	4,25	3,75
6%O₂-10%CO₂	94,40	10,03	4,42	4,40	58,22	9,77	2,65	4,17
6%O₂-15%CO₂	82,41	12,21	4,70	6,51	61,65	9,55	2,75	3,98
20%O₂-0,03%CO₂	91,18	13,45	5,73	7,91	61,09	12,52	3,57	6,85