



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
MESTRADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CAMPUS JUVINO OLIVEIRA



Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS E REOLÓGICOS DO MAMÃO
(Carica papaya L.) **ARMAZENADO EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

MESTRANDA: Meline Cunha Melo

ORIENTADOR: Prof. Dsc. Modesto Antônio Chaves

CO-ORIENTADOR: Prof. Dsc. Leandro Soares Santos

ITAPETINGA – BA

Fevereiro – 2018

MELINE CUNHA MELO

PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS E REOLÓGICOS DO MAMÃO

(Carica papaya L.) **ARMAZENADO EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Orientador: Prof. Dsc. Modesto Antônio Chaves

Co-orientador: Prof. Dsc. Leandro Soares Santos

ITAPETINGA – BA

Fevereiro – 2018



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Recredenciada pelo decreto estadual nº 16.825 de 04.07.2016
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos
PPG-ECAL / UESB



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos
Ciência de Alimentos

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS E REOLÓGICOS DO MAMÃO
(*Carica papaya* L.) ARMAZENADO EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Autor (a): MELINE CUNHA MELO

Orientador (a): Prof. D.Sc. Modesto Antonio Chaves

Coorientador (a): Prof. D.Sc. Leandro Soares Santos

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.


Prof. D.Sc. Modesto Antonio Chaves (UESB)


Prof. D.Sc. Marcondes Viana da Silva (UESB)


Prof. D.Sc. Nívio Batista Santana (UESB)

634.651

M486p Melo, Meline Cunha

Parâmetros físicos, físico-químicos e reológicos do mamão (*Caricacpapaya l.*) armazenado em diferentes temperaturas. / Meline Cunha Melo. - Itapetinga: UESB, 2018.

65p.

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Modesto Antônio Chaves e coorientação do Prof. D.Sc. Leandro Soares Santos.

1. Mamão - Imagens digitais RGB. 2. Mamão - Correlação – Cor e maturação. 3. Mamão - Maturação e temperaturas de armazenamento. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Chaves, Modesto Antônio. III. Santos, Leandro Soares. IV. Título.

CDD(21): **634.651**

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Mamão - Imagens digitais RGB
2. Mamão - Correlação – Cor e maturação
3. Mamão - Maturação e temperaturas de armazenamento

“Existirá alguém tão esperto que aprenda pela experiência dos outros?”

Voltaire

À Luma, minha filha. Tudo é e sempre será por você e para você. Obrigada por sua capacidade de me trazer paz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, sabedoria e discernimento para superar as dificuldades e chegar até aqui.

Aos meus pais, Aloísio e Solange, a minha irmã Eveline, pelo apoio integral e pelas orações. Muito do que faço e tudo o que sou, é alicerçado nesse amor.

À minha família baiana, em especial meu marido e minha sogra, pelo incentivo e confiança depositada, entendendo minhas ausências e compartilhando as alegrias.

À Vivian, Ramile e Acsa, por terem se tornando minha família em Itapetinga. Vocês foram essenciais nessa trajetória.

Agradeço ao meu orientador Modesto Chaves por todo suporte e pela sabedoria compartilhada.

À todos que fazem o CEDETEC pelo companheirismo e disponibilidade.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela oportunidade e condições de realização do trabalho.

À Fapesb pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	x
1. REFERENCIAL TEÓRICO	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	3
1.2.1. Mercado do mamão	3
1.2.2. Características física, química e físico-químicas do mamão.....	3
1.2.3. Efeito da temperatura nas alterações pós-colheita	8
1.2.4. Análise por imagem	9
1.2.4.1. Sistema de visão computacional.....	9
1.2.4.2. Modelos de Cor.....	11
1.2.4.3. Descritores de imagem.....	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.1. Objetivos específicos	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Aquisição da matéria-prima	16
3.2. Pré-processamento.....	16
3.3. Influência do tempo e temperatura de armazenamento	16
3.4. Caracterização física.....	16
3.5. Perda de massa (PM).....	17
3.6. Análises por imagem digital RGB	17
3.6. Análise de firmeza.....	18
3.4. Análises físico-químicas.....	18
3.4.1. Determinação de Sólidos Solúveis Totais (SS).....	18
3.4.2. Determinação da Acidez Titulável (AT).....	18
3.4.3. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH).....	19
3.4.4. Determinação do teor de ácido ascórbico (AA).....	19
3.5. Análise estatística	19

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Caracterização dos frutos	20
4.1.1. Taxa de perda de massa.....	24
4.1.2. pH.....	26
4.1.3. Sólidos solúveis	28
4.1.4. Acidez titulável	30
4.1.5. Ácido ascórbico.....	31
4.1.6. Firmeza da casca	32
4.2. Correlações	33
4.2.1. pH e sólidos solúveis.....	33
4.2.2. Taxa de perda de massa e acidez titulável	34
4.2.3. Taxa de perda de massa e firmeza	35
4.2.4. Sólidos solúveis e firmeza	37
4.2.5. pH e firmeza.....	38
4.2.6. Acidez titulável e firmeza	39
4.3. Análise por imagem	40
5. CONCLUSÕES.....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Cubo de cores – modelo “RGB”.
- Figura 2.** Esquema tridimensional de representação do paradigma CIELab.
- Figura 3.** (a) Imagem colorida e histogramas de seus componentes: (b) R, (c) G e (d) B.
- Figura 4.** Esquema do aparato montado para obtenção da imagem digital.
- Figura 5.** Perda de massa de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.
- Figura 6.** Murchamento do mamão para temperatura de 24°C e 28°C após cinco dias
- Figura 7.** Murchamento do mamão de acordo com tempo e temperatura.
- Figura 8.** pH da polpa de frutos de mamão em função da temperatura e do tempo de armazenamento em diferentes temperaturas, para a faixa de temperatura de 12 a 24 °C.
- Figura 9.** pH da polpa de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento na temperatura de 28 °C.
- Figura 10.** Sólidos solúveis de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.
- Figura 11.** Acidez titulável de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.
- Figura 12.** Teor de ácido ascórbico de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.
- Figura 13.** Firmeza de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.
- Figura 14.** Sólidos solúveis de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e do pH.
- Figura 15.** Acidez titulável de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e da taxa de perda de massa.
- Figura 16.** Firmeza de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento e da taxa de perda de massa.
- Figura 17.** Firmeza de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento e do teor de sólidos solúveis.

- Figura 18.** Firmeza de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento e do pH.
- Figura 19.** Firmeza de frutos de mamão em função da Temperatura de Armazenamento e da acidez titulável.
- Figura 20.** Porcentagem de amarelo na casca de frutos de mamão, em função do tempo e da temperatura de armazenagem.
- Figura 21.** Firmeza de frutos de mamão em função da porcentagem de amarelo na casca.
- Figura 22.** Taxa de perda de massa de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento, em dias, e da porcentagem de amarelo na casca.
- Figura 23.** Sólidos solúveis de frutos de mamão em função do tempo de armazenagem, em dias, e da porcentagem de amarelo na casca.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Classificação do estágio de maturação do papaia para exportação.
- Tabela 2.** Valores médios, máximo, mínimo e desvio padrão do peso, comprimento, diâmetro e espessura da polpa dos mamões.
- Tabela 3.** Estatísticas descritivas para as variáveis Perda de massa, Sólidos solúveis, pH, Acidez Titulada e ácido ascórbico.
- Tabela 4.** Correlações entre as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ácido ascórbico, tendo a temperatura como variável de controle.
- Tabela 5.** Correlações entre as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ácido ascórbico, tendo o tempo como variável de controle.
- Tabela 6.** Porcentagem de cor amarela em frutos de mamão em função da temperatura e do tempo de armazenamento.
- Tabela 7.** Coeficientes das equações ajustadas pelo modelo logístico, para a relação entre a porcentagem de amarelo na casca e o tempo de armazenagem e a temperatura de frutos de mamão.
- Tabela 8.** Análises de variância das regressões ajustadas pelo modelo logístico, para a relação entre a porcentagem de amarelo na casca com o tempo para cada temperatura de armazenagem de frutos de mamão.
- Tabela 9.** Correlações entre as variáveis físicas, químicas e fisico-químicas e a porcentagem de amarelo da casca de frutos de mamão.

RESUMO

MELO, M.C. **Parâmetros físicos, físico-químicos e reológicos do mamão (*Carica papaya* L.) armazenado em diferentes temperaturas.** Itapetinga – BA: UESB, 2018. 65 p. dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Engenharia de Alimentos).*

O mamão é uma fruta que se destaca no mercado por seus atributos sensoriais, suas propriedades funcionais, seu valor nutricional e seu alto rendimento agrícola. Ao decorrer do seu amadurecimento sofre transformações que refletem diretamente na sua cor. Como alternativa às análises de cor vem se destacando sistemas baseados em técnicas de visão computacional por sua eficiência e seu método não destrutivo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a cor da casca dos frutos de mamão utilizando o processamento de imagens digitais RGB e correlaciona-la com as características físicas, físico-químicas e reológicas do fruto, em diferentes estádios de maturação e temperaturas de armazenamento. Os frutos foram provenientes do município de Teixeira de Freitas-BA. O armazenamento ocorreu em câmaras a 12; 16; 20; 24 e 28°C, durante 9 dias. Cada dia, duas amostras de cada temperatura foram avaliadas. Inicialmente eram feitas as avaliações de perda de peso, tamanho e tomada da foto para análise da imagem. Em seguida eram feitos o teste de firmeza e extração do suco para realização das análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e ácido ascórbico. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando os softwares ORIGIN LAB 2018 e LABFIT. As características físicas, físico-químicas e reológicas do mamão apresentaram-se dentro dos valores encontrados na literatura. Observou-se correlações entre as variáveis estudadas que geraram equações de regressão múltiplas. Para porcentagem de cor amarela e tempo, a cada temperatura, a análise de regressão encontrada é descrita por uma função logística. Foram obtidas correlações entre as variáveis físicas e físico-químicas e a porcentagem de amarelo da casca, sendo que a única que não foi significativa foi com o pH (0,26) e a maior correlação encontrada foi com a firmeza (-0,91). A análise por imagem permitiu a caracterização da evolução da maturação do mamão e mostrou-se uma metodologia promissora para classificação de frutas que apresentam mudança de coloração ao longo de seu amadurecimento.

Palavras- chave: Mamão, correlação, análise por imagem.

*Orientador: DSc. Modesto Antônio Chaves, UESB e Co-orientador: DSc. Leandro Soares Santos, UESB.

SUMMARY

MELO, M.C. **Physical, physical-chemical and rheological parameters of papaya (*Carica papaya* L.) stored at different temperatures.** Itapetinga - BA: UESB, 2018. 65 p. dissertation. (Master's of Engineering and Food Science, Concentration Area in Food Engineering). *

Papaya is a fruit that stands out in the market for its sensorial attributes, its functional properties, its nutritional value and its high agricultural yield. In the course of its maturation it undergoes transformations that reflect directly in its color. As an alternative to color analysis, systems based on computer vision techniques have been highlighted for their efficiency and their non-destructive method. The objective of this work was to evaluate the color of the peel of the papaya fruit using the digital RGB image processing and correlate it with the physical, physical-chemical and rheological characteristics of the fruit, in different stages of maturation and storage temperatures. The fruits came from the municipality of Teixeira de Freitas-BA. Storage occurred on cameras at 12; 16; 20; 24 and 28 ° C for 9 days. Each day, two samples of each temperature were evaluated. Initially, weight loss, size and photo-taking assessments were made for image analysis. Then the firmness test and extraction of the juice were carried out to carry out the pH, titratable acidity, soluble solids and ascorbic acid analyzes. The statistical analyzes were conducted using the software ORIGIN LAB 2018 and LABFIT. The physical, physicochemical and rheological characteristics of papaya presented within the values found in the literature. Correlations were observed between the studied variables that generated multiple regression equations. For percentage of yellow color and time, at each temperature, the regression analysis found is described by a logistic function. Correlations were obtained between the physical and physico-chemical variables and the percentage of yellow of the bark, and the only one that was not significant was with pH (0.26) and the highest correlation was found with firmness (-0.91). The analysis by image allowed the characterization of the evolution of the papaya maturation and was a promising methodology for the classification of fruits that show a change of color throughout its maturation.

Palavras- chave: Papaya, correlation, image analysis.

*Advisor: DSc. Modesto Antônio Chaves, UESB e Co-advisor: DSc. Leandro Soares Santos, UESB.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. INTRODUÇÃO

O mamão é uma fruta que pertence à família *Caricaceae* e ao gênero *Carica*. Apresenta polpa macia e aromática, variando sua coloração entre o amarelo-pálido e o vermelho, passando por diversos tons de laranja e salmão. Dependendo da variedade, sua massa pode variar entre 200 g e 10 kg, e a espessura da polpa de 1,5 a 4 cm. A casca é fina, aderida à polpa, de coloração que vai do verde ao amarelo ou laranja, à medida que o fruto amadurece (NEVES, 2009).

As mudanças da textura e da cor da casca no mamão são transformações metabólicas que ocorrem no decorrer do amadurecimento da fruta. A mudança na cor está associada ao decréscimo de clorofila na casca e à síntese e revelação de carotenóides, fazendo com que a coloração mude do verde para o amarelo alaranjado (COSTA; BALBINO, 2002). A alteração de textura está relacionada com o metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução da sua firmeza (PINTO et al, 2011).

Para que se alcance o máximo de qualidade existe um valor ideal de temperatura para manutenção de cada tipo de produto vegetal sendo que, temperaturas acima ou abaixo da ideal podem acarretar desordem fisiológica (NEVES, 2009).

A cor é considerada um importante parâmetro, senão o mais importante, na avaliação da aparência de alimentos especialmente quando ela esta relacionada a atributos como amadurecimento de frutos ou na deterioração visível por fungos (SILVA; MARTINS; RESENDE, 2008).

A medição de parâmetros de cor, em alguns tipos de alimentos, pode não ser confiável por não apresentar uma boa repetibilidade, como no caso de grãos, frutas e hortaliças, além de exigir equipamentos específicos, apresentando um alto custo (WERNER et al, 2009). Utilizando equipamentos de baixo custo e a metodologia adequada para a obtenção de dados confiáveis, sistemas baseados em técnicas de visão computacional têm se destacado pela eficiência apresentada na extração e quantificação de modo não destrutivo das características relacionadas à qualidade e controle dos frutos (RODRIGUES; FILHO; JORGE, 2013). É baseado nesses sistemas que a análise de imagem vem se justificando para aplicação na classificação de frutas cujo amadurecimento está caracterizado pela mudança gradual de cor da casca.

A análise da imagem refere-se à interpretação propriamente dita da imagem e a classificação dos objetos nela presente de acordo com algum padrão definido. No caso de frutas, a cor é um elemento fundamental, pois através dela é possível concluir sobre a qualidade do alimento e seu grau de maturação e pode ser utilizada como padrão de classificação (MARQUES, 1999). Ferreira (2011) utilizando a análise de imagens para a classificação de frutas e hortaliças e Silva (2015) usando o processamento digital de imagem para identificar defeitos superficiais em tomates são exemplos de aplicações dos sistemas computacionais que utilizam cor para classificação de frutos e que apresentaram bons resultados.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a cor da casca dos frutos de mamão utilizando o processamento de imagens digitais RGB e correlacioná-la com as características físicas, físico-químicas e reológicas do fruto, em diferentes estádios de maturação e temperaturas de armazenamento.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. Mercado do mamão

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma planta bastante cultivada nas regiões subtropicais e tropicais do mundo. Segundo a FAO, em 2014 a produção de mamão no Brasil atingiu 1603351 toneladas numa área de 32031 ha, destacando-se no cenário de produção mundial junto com Índia, Indonésia e República Dominicana (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2017).

A planta é originária da costa caribenha e se espalhou por todo o mundo. Pertence à família *Caricaceae* e ao gênero *Carica*, e se destaca no mercado por seus atributos sensoriais, suas propriedades funcionais, seu valor nutricional e seu alto rendimento agrícola (ZERPA-CATANHO, 2017). Na fruticultura brasileira, o plantio da fruta desempenha uma grande importância socioeconômica, destacando-se como segundo produtor mundial e o terceiro exportador dessa fruta. Os pomares comerciais estão atualmente concentrados nas regiões Sul e Oeste Baiano; Norte do Espírito Santo; Chapada do Apodi, no Rio Grande do Norte; Norte de Minas Gerais e Baixo Jaguaribe/Vale do Acaraú, no Ceará (LUCENA, 2016).

No Brasil, os genótipos mais produzidos pertencem aos grupos Solo e Formosa. No grupo Solo estão os frutos pequenos e são os favoritos para exportação. No grupo Formosa, os mamões apresentam tamanho médio e são híbridos comerciais que vêm ganhando espaço nos mercados interno e externo, com forte crescimento de vendas para a Europa, o Canadá e os Estados Unidos (OLIVEIRA et al., 2011)

O mamão é consumido preferivelmente *in natura*, apesar de oferecer muitos produtos e subprodutos através da industrialização. Sua polpa possui características sensoriais, químicas e funcionais que o tornam um alimento atrativo e saudável para pessoas de todas as idades (PEGO et al, 2015).

1.2.2. Características física, química e físico-químicas do mamão

A qualidade dos frutos pode ser avaliada a partir de parâmetros físicos, como a cor, o tamanho, o peso, a forma e a firmeza, e de parâmetros químicos, através do pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis. O mamão é considerado um fruto climatérico, pois apresenta, em determinada fase de sua vida, um aumento rápido da sua atividade respiratória, com amadurecimento imediato, tornando a fruta perecível na pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Durante o amadurecimento, a fruta passa por incontáveis mudanças na sua composição, principalmente, se considerado a vasta quantidade de compostos químicos que ela possui. As alterações mais relevantes são as que provocam os efeitos mais levados em consideração pelo consumidor. No mamão, estas transformações são rapidamente observadas por serem causadoras das notórias mudanças na coloração, aroma, sabor e textura destes frutos, que correspondem às principais transformações bioquímicas de interesse comercial (SANTANA et al., 2004).

Na fase de maturação, uma das mais importantes alterações ocorre no seu conteúdo de açúcares. Os açúcares acumulados constituem as mais importantes substâncias químicas das frutas, do ponto de vista tecnológico. As matérias-primas serão tanto melhores para a industrialização quanto maiores forem os seus teores de açúcares. O teor de sólidos solúveis é expresso em graus Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) e é utilizado como índice de maturidade para alguns frutos e corresponde a todas as substâncias que se encontram dissolvidas no suco, sendo constituído na sua maioria por açúcares, sendo variável com a espécie, cultivar, estágio de maturação e clima (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O Brix (símbolo $^{\circ}\text{Bx}$) é uma escala numérica, criada por Adolf F. Brix (1798 - 1870), sendo derivada originalmente da escala de Balling, recalculando a temperatura de referência de $15,5^{\circ}\text{C}$. O valor é a determinação quantitativa da presença de sólidos solúveis e possíveis carboidratos presentes (frutose, lactose e sacarose) em uma amostra. A escala Brix é calibrada pelo número de gramas de açúcar contidos em 100 g de solução. Os sólidos solúveis contidos na amostra representam o total de sólidos dissolvidos na água, como o açúcar, sais, proteínas, ácidos, entre outros. A leitura do valor medido é a soma total desses (CHAVES, 2017).

O mamão possui quantidades mínimas de amido para ser hidrolisado no amadurecimento, não acumulando carboidratos de reserva na polpa. Esse fato explica a pequena variação no teor de SS durante o amadurecimento do fruto colhido. Porém, carboidratos da parede celular da fruta podem ser interconvertidos, podendo justificar o aumento dos sólidos solúveis no processo de maturação. A atividade enzimática nos componentes da parede celular além de provocar o amaciamento da polpa da fruta pode resultar no fornecimento de açúcares mais simples e até mesmo outros resíduos solúveis que poderão ser transformados em açúcares ou se juntar aos SS acumulados na polpa do fruto colhido em fase de amadurecimento (SOUZA, 2014).

No processo de amadurecimento mais adiantado pode ocorrer o decréscimo do teor de sólidos solúveis. Esse fato pode ser explicado pela utilização dos açúcares e de

ácidos simples como substrato para respiração. Mamões com mais de 80% da superfície da casca amarela estão sujeitos ao decréscimo de SS (PEGO et al, 2015).

A acidez dos frutos é normalmente determinada por titulometria ou potenciometria e é caracterizada pela presença de ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células. Comumente, a acidez é calculada utilizando o ácido mais presente, expressando o resultado em termos de acidez titulável (AT). A acidez total não é utilizada devido a perdas de ácidos voláteis que não são detectados (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No mamão o ácido orgânico predominante é o ácido cítrico (SANTANA et al, 2004).

O pH também é um método utilizado para mensurar a acidez da fruta e pode ser determinado com papel indicador ou potenciômetro. Diferencia-se da acidez titulável porque essa representa todos os grupos ácidos presentes, ácidos orgânicos livres, na forma de sais e compostos fenólicos, enquanto o pH quantifica apenas os ácidos dissociados (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a redução do processo respiratório, provocada pelo avanço do processo de maturação, provoca a redução da acidez de frutas, com conseqüente aumento no pH. Porém, em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores de acidez com o avanço do amadurecimento. Pego et al (2015) atribuem essa elevação ao aumento da liberação de ácidos galacturônicos pela ação das enzimas pectina metil esterase e poligalacturase, associados à redução do metabolismo respiratório que implica numa redução do consumo dos ácidos orgânicos.

A textura pode ser definida como o “conjunto de propriedades dos alimentos, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo de alimentos, sob a aplicação de uma força”. As sensações que caracterizam a textura de frutas são múltiplas. As principais sensações são de dureza, maciez, fibrosidade, suculência. A dureza ou firmeza relaciona-se com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação. Nas frutas em geral, a textura é ditada pela maciez ou firmeza da polpa. Na sua maioria, a perda progressiva da firmeza ou seu amaciamento ocorre como consequência do amadurecimento normal, um processo complexo que envolve diferentes mecanismos (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

A firmeza dos mamões está associada à composição de sua parede celular, composta por celulose, hemicelulose, pectinas, ligninas entre outros. Há medida que o processo de maturação progride, estas substâncias são degradadas devido à coesão entre

as células e o fruto por sua vez, perde a resistência dos tecidos. A principal transformação associada a esse amolecimento é a das protopectinas (formas menos solúveis) em pectinas ou ácido péctico (formas mais solúveis) (PEGO et al, 2015).

A perda de firmeza no mamão está diretamente relacionada à ação de pectinases, responsáveis pela hidrólise de componentes da parede celular, pois enzimas com esta ação, como a pectinametilesterase, a poligalacturonase, as celulases e outras, como a endoxilanase, as glucanahidrolases e as transglucosidades aumentam a atividade durante a fase de amadurecimento do mamão, com forte participação do etileno na modulação da atividade dessas enzimas (KRONGYUT et al., 2011; INIESTRA-GONZÁLEZ et al., 2013).

A coloração das frutas é um fator extremamente atrativo sendo comumente utilizado como critério na avaliação dos consumidores para analisar o grau de maturação destes produtos (SANTANA et al., 2004). A perda da cor verde é utilizada como indicativo de maturidade e está relacionada à decomposição da clorofila provocada por fatores como mudanças de pH, associadas principalmente ao acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos, a ativação da clorofilase e a presença de sistemas oxidantes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Além da clorofila, o mamão possui uma grande quantidade de carotenoides, pigmentos de cor amarela a laranja ou vermelho, predominante em frutas cítricas. Esse pigmento pode já estar presente, ficando evidente com a degradação da clorofila, ou pode ser produzido juntamente com o processo de degradação. O betacaroteno é um carotenoide responsável pela coloração amarela de mamões sendo o teor de betacaroteno especialmente importante do ponto de vista nutricional, uma vez que é o precursor da vitamina A (SANTANA et al, 2004).

No mamão a alteração na cor da casca de verde para amarela se dá de maneira gradativa e heterogênea, começando com o aparecimento de estrias amarelas partindo da região estilar para a inserção peduncular do fruto. Segundo a classificação normalizada pelo acordo bilateral de 1999 entre a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura e Abastecimento do Brasil e o Departamento Norte-Americano de Agricultura (USDA), Serviço de Inspeção de Saúde Animal e Vegetal (APHIS), os estádios de maturação do papaia estão definidos na Tabela 1. Os frutos no estágio 2 de maturação são os mais utilizados para exportação e no estágio 5, são considerados aptos para o consumo (OLIVEIRA et al., 2002).

Tabela 1. Classificação do estágio de maturação do papaia para exportação

Estádio de Maturação	Descrição
2	$\frac{1}{4}$ madura. Fruta com até 25% da superfície da casca amarela, rodeada de verde-claro
3	$\frac{1}{2}$ madura. Fruta com até 50% da superfície da casca amarela, com áreas próximas em verde-claro
4	$\frac{3}{4}$ madura. Fruta com 50 - 75% da superfície da casca amarela, com áreas próximas em verde-claro
5	Madura. Fruta com até 76-100% da superfície da casca amarela. Somente a extremidade do pedúnculo é verde, a partir da área de constrição

Fonte: RITZINGER e SOUZA, 2000

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os processos de respiração e transpiração estão relacionados e são os principais fatores responsáveis pela perda de massa. A perda de água dos frutos não só resulta em perda de massa fresca, mas também em perda de qualidade, o que acaba depreciando a aparência do produto. Perdas de massa maiores que 5% são suficientes para depreciar a qualidade do mamão (CARVALHO; LIMA, 2008).

A vitamina C possui uma enorme importância nutricional e representa o conjunto de compostos (isômeros, formas sintéticas e produtos de oxidação) que possuem atividade biológica parecida com a do ácido L-ascórbico (SPINOLA et al., 2013). O teor de ácido ascórbico tende a diminuir com a maturação e com o armazenamento de frutas e hortícolas, devido a atuação direta da enzima ascorbinase e pela ação de enzimas oxidantes como a peroxidase (CHITARRA E CHITARRA, 2005). O aumento do teor de ácido ascórbico é relatado por Antunes et al (2003), que associa esse resultado à perda de água dos mamões, concentrando assim o conteúdo de vitamina C.

O tamanho e a forma são características importantes, pois a variação entre unidades individuais de um produto pode afetar a escolha desse produto pelo consumidor, as práticas de manuseio, o potencial de armazenamento, a seleção de mercado e o destino final do mesmo. As frutas são, em geral, avaliadas pelo diâmetro. O diâmetro longitudinal (comprimento) e o transversal representam, em conjunto, o tamanho e a sua relação dá a ideia da forma do produto. Os produtos com características

de tamanho e peso padronizados são mais fáceis de serem manuseados em grande quantidade, pois apresentam perdas menores, produção mais rápida e melhor qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

1.2.3. Efeito da temperatura nas alterações pós-colheita

Após a colheita de qualquer parte do vegetal, a respiração torna-se o seu principal processo fisiológico, uma vez que não possuem mais suprimento de água e minerais vindo das raízes e nem a atividade de fotossíntese das folhas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A temperatura tem um efeito bastante característico sobre a respiração de frutas e hortaliças. Quando o calor aumenta, a velocidade respiratória também aumenta. Dentro da faixa de temperatura de 0°C a 30°C, a cada 10°C de aumento na temperatura, a velocidade respiratória pode duplicar, triplicar ou mesmo quadruplicar (CORTEZ et al., 2002).

Para que se alcance o máximo de qualidade existe um valor ideal de temperatura para manutenção de cada tipo de produto vegetal sendo que, temperaturas acima ou abaixo da ideal podem acarretar desordem fisiológica. A atividade respiratória é reduzida pelo uso de baixas temperaturas. Em frutos climatéricos, a redução da temperatura retarda o pico do climatério e reduz sua intensidade, podendo esse pico ser totalmente suprimido na temperatura próxima ao limite fisiológico de tolerância (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O mamão é muito vulnerável a danos mecânicos e ao ataque de fungos, apresentando vida útil pós-colheita curta, principalmente, quando armazenado à temperatura ambiente (COSTA; BALBINO, 2002). Quando armazenados a temperatura ambiente, o mamão tem uma vida útil estimada em seis dias, ocorrendo posteriormente, murchamento e ataque por patógenos. Quando refrigerado, a temperatura de armazenamento do mamão é determinada pela sensibilidade que este apresenta à injúria pelo frio (FIGUEIREDO NETO et al., 2013).

A injúria pelo frio é uma desordem fisiológica que, de maneira geral, ocorre quando tecidos suscetíveis são expostos a temperaturas inferiores a 15°C, embora exista variação na faixa de temperatura crítica na qual aparecem os sintomas de injúria para os diferentes produtos. No caso do mamão, a temperatura mínima de segurança de armazenamento é de 7°C, provocando formação de áreas aquosas e pontuações escuras na fruta em temperaturas inferiores (CORTEZ et al., 2002).

O aumento da temperatura, também não é bom para o fruto, proporcionando uma maior perda de água. A maioria das frutas e hortaliças é constituída de água, e uma exposição, mesmo curta a temperaturas elevadas, ocasiona aumento na evapotranspiração e assim acelerando a perda de água, e em consequência a perda de qualidade (KADER, 2002).

1.2.4. Análise por imagem

Mesmo com o avanço da tecnologia, a classificação de frutos ainda ocorre de maneira visual e manual, levando em consideração cor, forma e tamanho. Esse fato faz com que, embora haja uma produção considerável de frutas, uma parte desses produtos seja perdida antes de ser consumido, devido à falta de tecnologia adequada (RODRIGUES et al., 2013).

Tanto a mudança de hábitos da população quanto o aumento das exigências das instituições de proteção ao consumidor em relação à qualidade do produto consumido tem gerado um avanço no setor de tecnologias relacionado a máquinas e sistemas, buscando a automatização do processo de classificação na pós-colheita. Buscando satisfazer tais exigências, vêm se sobressaindo sistemas baseados em técnicas de visão computacional devida eficiência apresentada na extração e quantificação de dados de modo não destrutivo das características relacionadas à qualidade e controle dos frutos (RODRIGUES et al., 2013).

1.2.4.1. Sistema de visão computacional

A visão computacional pode ser definida como a ciência que analisa automaticamente a imagem e obtém as informações necessárias, fundamentada nas bases teóricas e algorítmicas (PANIGRAHI; GUNASEKARAN, 2001). No entanto, os sistemas de visão computacional se baseiam na percepção visual humana de detectar atributos partindo da medida de reflectância dos objetos que compõem uma cena definida, diferenciando somente por não estarem sujeitos a avaliações que estão diretamente relacionadas a natureza humana como estresse, cansaço físico e mental e principalmente por perceber características não detectáveis pelo espectro humano, como ultravioleta e infravermelho (LAVOSIER FILHO; JORGE, 2013).

Um sistema de visão computacional envolve três etapas: aquisição, processamento e análise de imagem. A aquisição de imagem envolve a conversão de uma imagem em uma representação numérica adequada para posterior processamento

digital. Para isso é preciso um dispositivo físico sensível a uma faixa de energia no espectro eletromagnético que produza um sinal elétrico proporcional ao mesmo e um digitalizador que converte o sinal elétrico em informação digital, ou seja, que possa ser representada em bits (MARQUES, 1999).

No processo de digitalização, aparelhos que possuem sensores sensíveis às mudanças nas ondas eletromagnéticas emitidas dos objetos em análise, capturam uma imagem convertendo-a em uma imagem digital. Essa imagem digital é formada por estruturas quadriculadas chamadas de pixels, que tem a função de caracterizar os valores de intensidade de brilho específico para cada tipo de imagem. A formação das imagens digitais está correlacionada com a organização dos pixels. Esses podem formar arranjos bi ou tridimensionais. Os arranjos bidimensionais são caracterizados por coordenadas espaciais que formam imagens monocromáticas como, por exemplo, as imagens em escala em tons de cinza, e são classificadas como imagens univariadas. As imagens coloridas possuem arranjos tridimensionais, construídas por combinações de imagens monocromáticas, e são classificadas como imagens multivariadas, cujas informações dependem da cor do objeto de interesse (GONZALEZ et al., 2009).

O processamento de imagem subdivide-se em três etapas: pré-processamento, segmentação dos objetos de interesse e extração de características. No pré-processamento objetiva-se corrigir irregularidades que atingem características como contraste e brilho, por exemplo, visando melhorar a análise e interpretação da imagem. A segmentação encarrega-se por diminuir os dados contidos na cena em subconjuntos de relevância chamados de regiões, onde cada região deve ser homogênea com relação a algumas características da imagem como, por exemplo, cor, borda ou textura. É indispensável que cada região divirja notadamente das regiões circunvizinhas. O processo de segmentação é concluído quando os objetos de relevância estiverem claramente extraídos da imagem original. A extração de características é utilizada, normalmente, a fim de distinguir os produtos existentes em uma determinada imagem (GONZALEZ; WOODS, 2010).

A análise da imagem refere-se à interpretação propriamente dita da imagem e a classificação dos objetos nela presente de acordo com algum padrão definido. No caso de frutas, a cor é um elemento fundamental, pois através dela é possível concluir sobre a qualidade do alimento e seu grau de maturação. Os dois modelos mais utilizados em classificação de alimentos para representar cor são o RGB (Red, Green and Blue) e CIELab (CSILLAG, 2015).

1.2.4.2. Modelos de Cor

Há diferentes maneiras de representar a gama visível de cores que abrange as três dimensões, os quais são chamados de Sistemas de Representação de Cores. (CSILLAG, 2015). Um espaço de cor pode ser descrito como um método para se representar a cor de um objeto usando algum tipo de notação, como os números por exemplo. A Commission Internationale de l’Eclairage, CIE, uma organização sem fins lucrativos considerada como a autoridade na ciência de luz e cor, em 1931, adotou um sistema de representação do espaço de cores denominado de CIE-RGB (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). O modelo de espaço de cores RGB é um sistema de cores aditivas sendo bastante utilizado para captura e impressão de imagem digital, como em monitores, televisões e câmeras. No modelo RGB, o preto é considerado como ausência de cor, o branco é a presença de todas as cores e as outras cores são representadas adicionando uma quantidade de vermelho, verde e azul ao preto. Assim, cada cor pertencente ao sistema RGB, pode ser identificada por uma tripla ordenada (R, G, B) de números inteiros, onde cada elemento possui valor entre 0 e 255 e sempre que os valores forem iguais o resultado será uma cor em escala de cinza. Esse espaço de cores pode ser representado pelo "cubo das cores" (Figura 1) (FERREIRA, 2011).

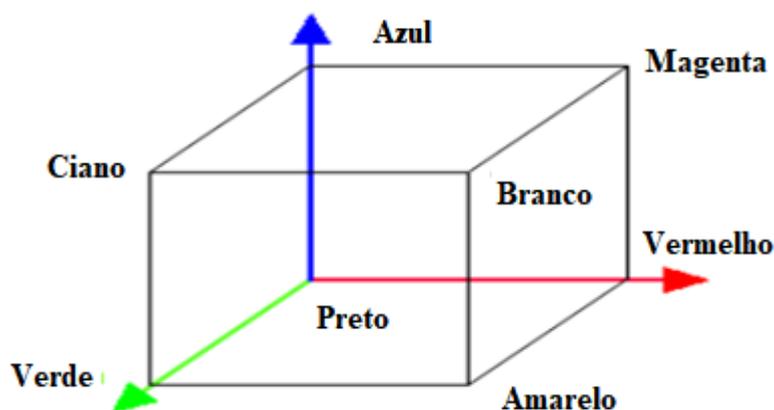


Figura 1. Cubo de cores – modelo “RGB”

Fonte: GOMES; VELHO (2003).

Em 1971, o CIE definiu novo espaço de cor denominado CIELab, também conhecido como CIE $L^* a^* b^*$. Nesse, a cor é separada em três variáveis: L, que representa a iluminação (brilho) da imagem variando de preto absoluto até branco absoluto, expresso numa escala de 0 a 100, a^* que é a variação de verde até vermelho; e b^* , que representa a variação de amarelo para azul, onde ambos variam de -120 até 120. O modelo RGB é o padrão de aquisição das imagens, sendo que, para obtenção de

outros modelos é necessário a realização de uma conversão matemática (FERREIRA, 2011).

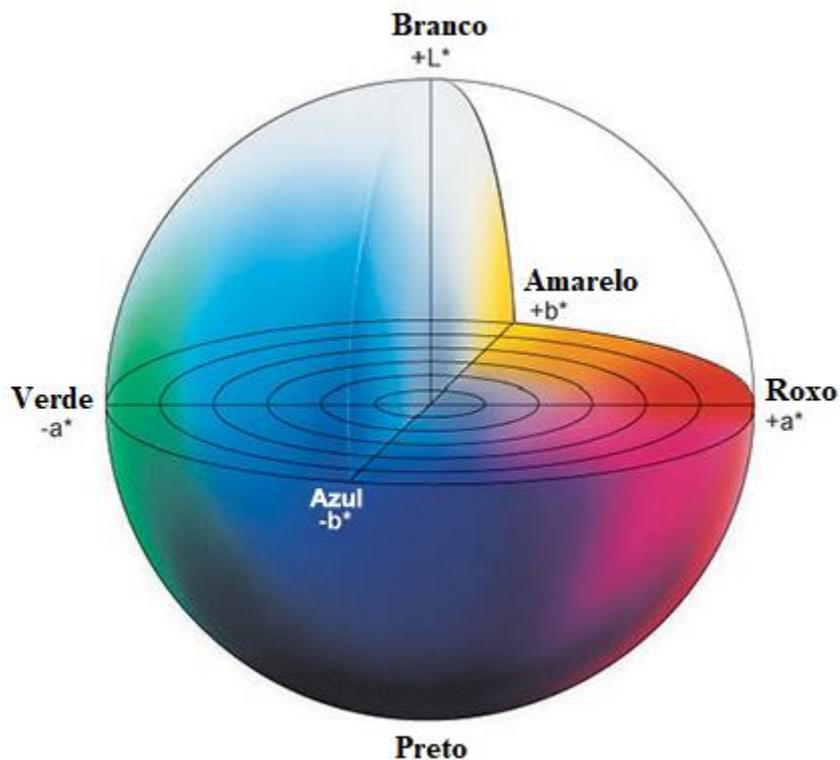


Figura 2. Esquema tridimensional de representação do paradigma CIELab.

Fonte: GONZALEZ; WOODS, 2010.

1.2.4.3. Descritores de imagem

Há diversas maneiras de representar uma imagem. As representações devem ser capazes de reproduzir em algum meio, a informação contida na imagem, para que possa ser usada. A cor é uma das características mais empregadas em sistemas de análise de imagens por ser relativamente independente quanto ao tamanho, orientação e resolução da imagem e é computacionalmente menos cara quando comparada a outros descritores (BENDER, 2003).

Os histogramas são ferramentas de processamento de imagens que possuem grande aplicação prática. Entre as principais aplicações dos histogramas estão a melhora da definição de uma imagem, a compressão de imagens, a segmentação de imagens ou ainda a descrição de uma imagem (MARENGONI; STRINGHINI, 2009). O histograma de uma imagem é simplesmente um conjunto de números indicando o percentual de pixels naquela imagem que apresentam um determinado nível de cinza. Através da visualização do histograma de uma imagem obtemos uma indicação de sua qualidade

quanto ao nível de contraste e quanto ao seu brilho médio (se a imagem é predominantemente clara ou escura) (MARQUES, 1999).

O conceito de histograma também é aplicável a imagens coloridas. Neste caso, a imagem é decomposta de alguma forma (por exemplo, em seus componentes R, G e B) e para cada componente é calculado o histograma correspondente. Um histograma é um descritor de cor amplamente utilizado que reproduz a disposição quantitativa de cores em uma imagem e é gerado a partir da contagem dos pixels de cada cor diferente em um determinado espaço de cor. A montagem de um histograma tem como base a formação de várias regiões de cores, uma para cada cor presente na imagem, dentro de um determinado espaço de cores. Após isso, realiza-se a soma da ocorrência de uma cor na imagem, incrementando a cada vez, as regiões de cores. Por fim, o histograma é um gráfico que tem num dos seus eixos a representação numérica das cores de um espaço e no outro a quantidade de pontos para cada cor que uma determinada imagem contém (CARVALHO et al, 2014). A figura 3 mostra uma imagem colorida e seus histogramas no espaço de cor RGB.

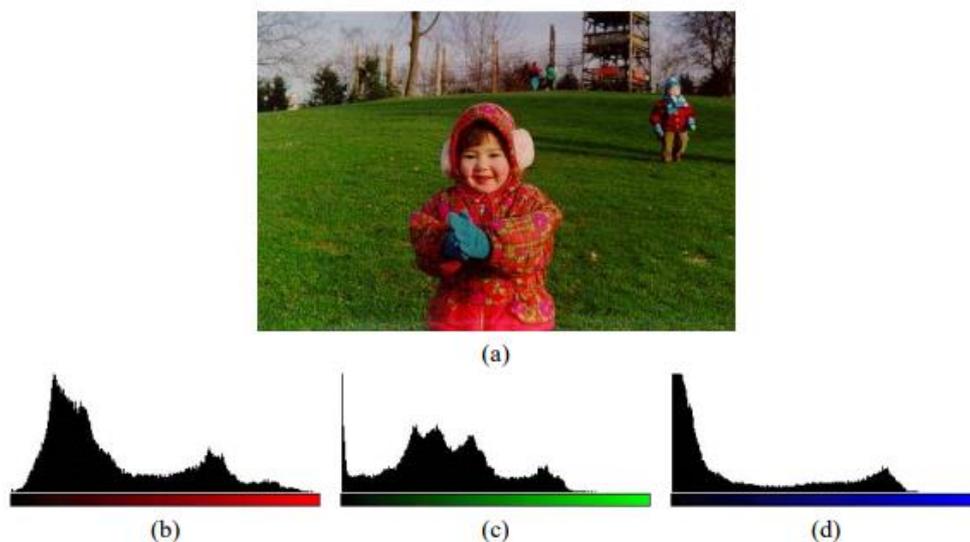


Figura 3. (a) Imagem colorida e histogramas de seus componentes: (b) R, (c) G e (d) B.
Fonte: MARQUES (2009)

O padrão JPEG foi definido pelo Joint Photographic Experts Group no ano de 1992 e rapidamente tornou-se a referência mais conhecida e usada para compreensão de imagens fotográficas. O padrão JPEG é muito extenso e define vários modos de operação, utilizando várias técnicas de compressão (JPE, 2001).

O padrão JPEG apresenta diversas funcionalidades como compressão de imagens com perdas e sem perdas, transmissão progressiva da imagem, segundo critérios de qualidade, resolução, componentes ou localizações espaciais, e codificação por interesse. A compressão permite reduzir o tamanho da imagem de modo que ocupe menos espaço de armazenamento, porém, perde-se parte de sua qualidade visual. Essa mesma operação pode ser feita sem comprometer a qualidade visual da imagem, mas perderá espaço de armazenamento (MARCELLIN, 2000).

Grande parte dos algoritmos de compressão de imagens existentes parte do pressuposto que as imagens possuem redundância espacial, e que sua remoção ocasiona a redução do arquivo. Desse modo, há dois tipos de compressão: com perdas e sem perdas. A compressão sem perdas permite que a imagem seja reconstruída completamente após o processo de descompressão. A compressão com perdas é irreversível e possibilita apenas uma reconstrução aproximada da imagem devido a grande eliminação de informação de dados da imagem. O formato JPEG é exemplo desse tipo de compressão, sendo bastante utilizado pela maioria das câmeras comerciais (CUNHA, 2016).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O escopo deste trabalho foi avaliar a cor da casca dos frutos de mamão utilizando o processamento de imagens digitais RGB e correlaciona-la com as características físicas, físico-químicas e reológicas do fruto, em diferentes estádios de maturação e temperaturas de armazenamento.

2.1. Objetivos específicos

- Caracterizar os parâmetros massa, comprimento, diâmetro, cor da casca, pH, sólidos solúveis, firmeza, ácido ascórbico e acidez em diferentes estádios de maturação e temperatura de armazenamento.
- Correlacionar os parâmetros pH, sólidos solúveis, firmeza, ácido ascórbico e acidez entre si e com o estágio de maturação e temperatura de armazenamento.
- Correlacionar as variáveis, tais como, pH, teor de sólidos solúveis, firmeza, ácido ascórbico e acidez, com a cor da casca do mamão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aquisição da matéria-prima

O experimento em foi realizado nos laboratórios Centro de desenvolvimento de Tecnologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus Itapetinga. Amostras de mamão papaia (Cultivar Sunrise Solo) (n = 92) foram adquiridas na feira livre da cidade de Itapetinga oriundas do pomar comercial Yamada, em Teixeira de Freitas, no estádio de maturação 1, onde os frutos encontram-se completamente verdes ou no máximo com sinais amarelos que não cobriam mais que 25% da casca.

3.2. Pré-processamento

Os frutos foram colhidos dois dias antes de serem adquiridos e após a aquisição foram transportados ao laboratório, passaram por processo de sanitização em água clorada a 10 mg/litro por 15 minutos, secagem natural, secagem com pano, pesados em balança centesimal digital Shimadzu (BL – 3200H) e estocados.

3.3. Influência do tempo e temperatura de armazenamento

Avaliou-se o efeito de cinco temperaturas de armazenamento (12°C, 16°C, 20°C, 24°C e 28°C) no processo de maturação do mamão. Os frutos foram estocados em câmara climática Labor (SP-500/UR) para as temperaturas de 12°C, 16°C, 20°C, 24°C e em estufa DeLeo (TLK 48) para a temperatura de 28°C, por nove dias. Foi colocada uma bandeja com água dentro dos espaços de estocagem para garantir uma alta umidade. Para cada binômio tempo de estocagem (dias) x temperatura foram avaliados dois mamões.

Após a estocagem os frutos foram encaminhados para as análises não destrutivas (caracterização física e tomadas de imagens digitais), seguindo para análise de firmeza e análises físico-químicas.

3.4. Caracterização física

As amostras de mamão adquiridas foram pesadas em balança centesimal digital, Shimadzu (BL – 3200H). As medidas de comprimento e diâmetro foram feitas em dois pontos por fruto. O comprimento foi medido como a distância entre a inserção do pedúnculo e o estigma, e o diâmetro na seção com maior espessura. Foi utilizado paquímetro analógico MTX com escala de 0 – 150 mm.

3.5. Perda de massa (PM)

Os valores de perda de massa foram obtidos através da equação 1.

$$PM = M_f - M_i \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: M_f = Massa do mamão após estocagem; M_i = Massa do mamão no dia da aquisição

3.6. Análises por imagem digital RGB

As imagens digitais das amostras foram obtidas utilizando uma câmera digital de celular (Motorola MotoG 3ª geração- Brasil) com dimensões 4160 x 2340 pixels no formato .jpeg. Foi utilizado um aparato de papelão para que não houvesse incidência de luz sob o fruto. A câmera foi colocada a uma distância de 23 cm das amostras e os frutos foram colocados sob um fundo azul (Figura 4).

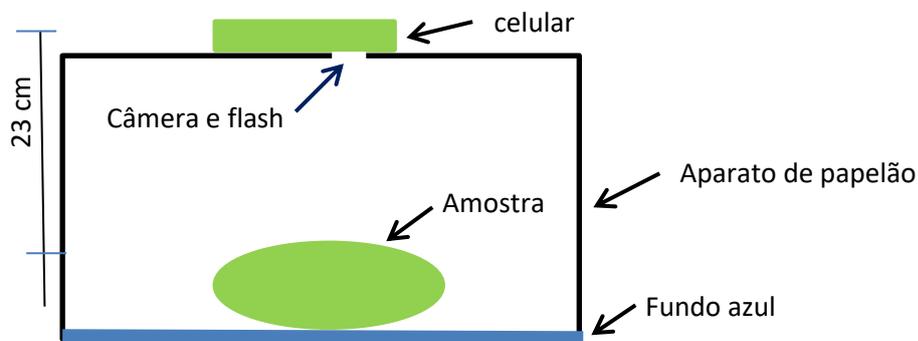


Figura 4. Esquema do aparato montado para obtenção da imagem digital.
Fonte: Autora.

Foram obtidas duas imagens digitais para cada mamão (a primeira frontal e a segunda girando o mamão 180° longitudinalmente de forma a obter a imagem total de cada produto).

A análise inicial das imagens foi realizada convertendo as mesmas em valores RGB (Red-Green-Blue). O software Origin Lab 2018 64Bit, foi utilizado, carregando-se cada imagem em uma matriz do Origin e utilizando-se a rotina RGB Split de conversão de imagens para separar cada canal R, G e B em uma matriz específica.

Um estudo das matrizes contendo o canal G das imagens determinou o menor valor de intensidade encontrado neste canal. Desta forma, estabeleceu-se o valor mínimo desta cor e de sua diferença para as cores R e B.

As matrizes R, G e B geradas pelo Origin, foram copiadas para o MicrosoftExcel 2016 sendo cada matriz colocada em uma planilha. A seguir, se criou uma planilha extra

que determinou a quantidade de pixels verdes na imagem. Para tanto utilizou-se a equação 2, no excel.

$$=SE(E(Red!A2=0;BLUE!A2=0;GREEN!A2>mínimoG);1;SE(E(GREEN!A2-mínimoG>Red!A2;GREEN!A2-mínimoG>BLUE!A2);1;0)) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: Red!, BLUE! e GREEN! = planilhas que contêm os valores de R,G e B, respectivamente; mínimo = valor mínimo obtido para o sinal G.

A porcentagem de verde foi obtida dividindo-se a soma dos pixels verdes pelo total de pixels de cada imagem e multiplicando-se por 100.

3.6. Análise de firmeza

As análises de textura dos frutos em diferentes estádios de maturação foram realizadas por um texturômetro (Brookfiel CT325k), utilizando o software TexturePro CT. Foi utilizada sonda de aço inoxidável em formato cilíndrico de 6 mm de diâmetro por 35 mm de comprimento, com penetração máxima definida em 30 mm e velocidade de 0,5 mm/s. Para cada amostra foram feitas 2 leituras, uma para cada lado representado pelo maior diâmetro do fruto perpendicular. O valor médio da ruptura máxima (N) de cada amostra foi utilizado como resultado de firmeza do fruto (FF).

3.4. Análises físico-químicas

Para medição dos parâmetros físico – químicos os frutos foram descascados, as sementes retiradas e processados em uma centrífuga doméstica Mondial turbo juice (CF-06).

3.4.1. Determinação de Sólidos Solúveis Totais (SS)

A determinação do teor de sólidos solúveis totais dos frutos de mamão foi realizada através da análise por refratometria da polpa homogeneizada da fruta em Refratômetro de bancada (DSA E-Scan), com escala graduada em °Bx.

3.4.2. Determinação da Acidez Titulável (AT)

Foram pesados 5 g da polpa homogeneizada do fruto, diluindo-se a mesma com aproximadamente 50 mL de água e se adicionando 3 gotas de solução de fenolftaleína. A titulação foi realizada contra uma solução de hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante, até coloração rósea persistente por 30 segundos (AOAC, 2010).

3.4.3. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

A medida do pH foi realizada por potenciometria, utilizando-se entre 50 e 100 g da polpa do fruto homogeneizada, sendo esta amostra avaliada em pH-metro digital (Akso) por leitura direta (AOAC, 2010).

3.4.4. Determinação do teor de ácido ascórbico (AA)

A determinação do teor de ácido ascórbico seguiu o método descrito pela AOAC (2010) com adaptações. Meio grama de amostra foi adicionada a 50 mL de solução de ácido oxálico a 4% e homogeneizada por cinco minutos. Em seguida a solução foi filtrada, 1 mL da solução resultante e foi misturado a 9 mL da solução de DCFI (50 mg de 2,6-diclorofenol indofenol e 20 mg de bicarbonato de sódio em 100 mL de água destilada). Foram adicionadas algumas gramas de ácido L-ascórbico e promovida a agitação. Conforme Oliveira (2010), o teor de vitamina C foi determinado por meio da reação do ácido ascórbico com 2,6-diclorofenol indofenol, com posterior detecção espectrofotométrica a 520 nm. Para o branco foi substituído 1 mL de amostra por água destilada. Para a curva-padrão utilizou-se diluições de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg de ácido ascórbico/L, transferindo, respectivamente, 1, 2, 3, e 4 g de ácido L-ascórbico para balões volumétricos de 50 mL e completando o volume com água destilada e deionizada. Realizou-se a leitura espectrofotométrica, a 520 nm, e construída a curva-padrão.

3.5. Análise estatística

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando-se o software ORIGIN LAB 2018 e o LABFIT. As variáveis físico-químicas, físicas e químicas foram submetidas a análise de ajuste a uma população com distribuição normal pelo Teste Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Foram obtidas estatísticas descritivas das variáveis em análise e feitas análises de correlação. Foi feita uma pesquisa de valores espúrios (outlayers) pelo teste de Grubbs.

O cálculo da estatística G, do teste de Grubbs e dado pela Equação 3.

$$G = \frac{ox - média}{SD} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: *ox* = valor do ponto sob suspeita (geralmente o maior ou o menor valor); *média* = média do conjunto de dados; *SD* = desvio padrão.

O valor de G é comparado com o valor crítico dado pela Equação 4:

$$(\text{Equação 4})$$

$$t = \sqrt{\frac{N(N-2)Z^2}{(N-1)^2 - NZ^2}}$$

Onde: Z = maior valor de G; N = número de amostras.

O valor de t é, então, comparado com o valor calculado como o P-value de uma distribuição t de *Student*, com duas caldas.

Foram feitas análises de regressão para cada uma das variáveis. Numa etapa preliminar, utilizou-se o software LABFIT que ajusta os dados dentro de cerca de 500 funções diferentes.

O LABFIT aponta várias funções com bons ajustes. Entre estas funções, foram escolhidos as que podem ser analisadas e discutidas para a variável em tela. A seguir, continuou-se a análise, no software ORIGIN LAB 2018 em função da quantidade maior de informações sobre o modelo que este software apresenta, além da qualidade gráfica do mesmo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos frutos

Os valores médios, máximo, mínimo e desvio padrão do peso, comprimento, diâmetro e espessura da polpa dos mamões estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios, máximo, mínimo e desvio padrão do peso, comprimento, diâmetro e espessura da polpa dos mamões.

Características*	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Coefficiente de variação
PE	673,41	907,60	457,63	126,13	0,19
CM	14,67	16,95	7,70	1,90	0,13
DM	9,58	15,60	7,40	1,64	0,17
EP	2,90	2,99	2,29	0,17	0,06

*PE; peso médio (g); CM, comprimento médio (cm); DM; diâmetro médio (cm); EP; espessura da polpa (cm).

Fonte: Dados da pesquisa.

O tamanho in natura do fruto depende das exigências do mercado consumidor. Souza (1998) afirma que para consumo ao natural de mamão do grupo ‘Solo’ no mercado interno, a preferência é por frutos com peso na faixa de 460 a 690g. Os frutos analisados nesse trabalho apresentaram média dentro dessa faixa, 673g, porém com

valores de máximo e mínimo fora da faixa, 907,6g e 457,63g, respectivamente. Os valores encontrados nesse trabalho estão acima dos encontrados por Reis et al (2015) e Ascheri et al. (2010). Os valores de comprimento médio e diâmetro médio ficaram abaixo dos encontrados também por Reis et al (2015) e Ascheri et al. (2010).

A espessura da polpa apresentou pequena variação de valores, como pode ser visto na Tabela 5. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Oliveira et al. (2010), que observaram variações entre 1,10 e 3,70 cm de espessura de polpa em genótipos de mamoeiro e acima dos valores encontrados por Reis et al (2015), 2,3cm e coeficiente de variação 0,04 e abaixo dos valores encontrados por Ascheri et al. (2010), 3,1cm \pm 0,3. A espessura da polpa é um atributo de qualidade importante, pois frutos com maior espessura também apresentam maior rendimento de polpa.

Os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação para as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez Titulável, ácido ascórbico e firmeza estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação para as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez Titulável, ácido ascórbico e firmeza.

	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
PM (g/dia)	35.4	21.4	0.60
SS (°Brix)	10.4	0.9	0.08
pH	5.2	0.23	0.11
AT (% de ácido cítrico)	0.14	0.03	0.22
ÁA (mg 100g ⁻¹)	27.8	12.0	0.43
FF (N)	2398,56	1546,74	0,64

Fonte: Dados da pesquisa.

O coeficiente de variação (CV) é utilizado para avaliação da precisão de experimentos, quando as médias são muito desiguais ou as unidades de medidas são diferentes. Nesse trabalho, o coeficiente de variação experimental variou de 0,05 a 0,6. Oliveira et al. (2010) observaram oscilação no coeficiente de variação entre 0,10 e 0,42, em características relativas a plantas, folhas, flores e frutos de mamoeiro, sendo que valores acima de 0,4 para massa dos frutos, entre 0,2 e 0,4 para acidez titulável e menores de 0,2 para sólidos solúveis. Já Dias et al (2011), observou mudanças no coeficiente de variação entre 0,03 e 0,50 também estudando características relacionadas a plantas, folhas, flores e frutos do mamoeiro, sendo 0,31 para massa, 0,15 para SS, 0,2

para AT e 0,03 para pH. Os valores encontrados pelos outros autores encontram-se próximos aos encontrados nesse trabalho.

O valor médio encontrado para o pH foi de 5,2 com coeficiente de variação de 0,05. Reis et al. (2015), obtiveram valores médios de pH de 5,11 com um coeficiente de variação de 0,07, próximos aos encontrados nesse trabalho. Já o valor médio de sólidos solúveis encontrados nesse trabalho, 10,4°Brix, ficou abaixo do encontrado por Reis et al. (2015) que foi de 14,18, com um coeficiente de variação de 0,09. Fagundes e Yamanishi (2001) verificou-se valores de sólidos totais de 9,94°Brix, para frutos comercializados em dezembro e 10,79°Brix para frutos comercializados em janeiro, valores abaixo do recomendado para frutos do grupo 'Solo', que é de 11,5°Brix.

Oliveira et al (2010) acharam um valor médio de ácido cítrico de 0,08 com um desvio padrão de $\pm 0,02$, e Figueiredo Neto et al. (2013) relatou valor médio de acidez titulável de 0,11% , valores esses inferiores ao encontrado neste trabalho.

Santana et al (2004), relataram que o teor de ácido ascórbico, em cinco genótipos modificados de mamão após 96 horas de armazenamento, varia entre de 42,5 a 142,6 mg 100g⁻¹, valores acima dos encontrados nesse trabalho. Isso pode está associado ao fato de que o valor médio desse trabalho leva em consideração valores de ácido ascórbico de frutas armazenadas por nove dias, e o valor dessa vitamina tende a diminuir com o tempo.

A firmeza do mamão variou de 5778 N no dia de aquisição para 140 N após nove dias de armazenamento a 28°C. Apesar do valor de firmeza mostrar grande variação, ela está relacionada ao ponto de maturação em que foi feita a análise. Contudo, esses valores estão dentro dos resultados encontrados por outros autores, quando colheram os frutos no estágio 1 de maturação (SILVA, 2017).

As correlações entre as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, ácido ascórbico e firmeza, tendo a temperatura e o tempo como variável de controle, respectivamente, estão apresentados nas Tabelas 4 e 5. Verifica-se que a correlação entre estas variáveis é fraca, sendo encontrada correlação significativa ($p < 0,05$) apenas entre acidez e pH e acidez e ácido ascórbico, quanto a variável de controle é a temperatura e apenas entre acidez titulável e pH, firmeza e perda de massa, firmeza e sólidos solúveis, firmeza e pH e firmeza e ácido ascórbico quando a variável de controle é o tempo. A correlação parcial é uma medida da correlação entre duas variáveis quando se exclui o efeito, sobre estas, de uma terceira variável, neste caso, foram excluídos o efeito da temperatura e do tempo. As correlações espúrias são

causadas, justamente por não se observar uma terceira variável que influencia as duas variáveis analisadas. Esta terceira variável não observada também é chamada de fator de confusão, fator escondido, supressor, variável mediadora ou variável de controle. A correlação parcial é o método para corrigir a sobreposição da variável moderadora. Observou-se que tempo é causador de correlações espúrias entre as variáveis (Tabela 5), aumentando o valor da correlação.

Tabela 4. Correlações entre as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, ácido ascórbico e firmeza, tendo a temperatura como variável de controle.

Características*	SS	pH	AT	AA	FF
PM	0,22	-0,32*	0,09	0,19	-0,52*
SS		-0,36*	0,28	0,27	0,53*
pH			-0,65*	-0,27	-0,39*
AT				0,27	-0,03
AA					-0,54*

*a correlação parcial é significativamente diferente de zero ao nível de 5% de probabilidade (Teste t).

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5. Correlações entre as variáveis perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, ácido ascórbico e Firmeza, tendo o tempo como variável de controle.

Características*	SS	pH	AT	AA	FF
PM	0,04	0,26	-0,43*	-0,16	-0,24
SS		-0,30*	0,18	0,19	0,39*
pH			-0,53*	-0,08	-0,20
AT				0,16	0,18
AA					-0,52*

*a correlação parcial é significativamente diferente de zero ao nível de 5% de probabilidade (Teste t).

Fonte: Dados da pesquisa.

Houve correlação negativa significativa entre sólidos solúveis e firmeza, o que indica que os frutos com maiores teores de sólidos solúveis possuem menores valores de firmeza. Também foram observadas correlações negativas entre perda de massa e pH e perda de massa e firmeza da casca, verificando o aumento na perda de massa, concomitantemente com redução na firmeza da casca e pH dos frutos

A correlação negativa significativa entre pH e acidez titulável já era esperada, visto que, a medida que o pH aumenta a acidez do meio diminui. A correlação negativa significativa entre ácido ascórbico e firmeza sugere que frutos mais firmes, mais verdes, possuem uma maior concentração de ácido ascórbico.

4.1.1. Taxa de perda de massa

Para a variável taxa de perda de massa, ajustou-se um modelo polinomial racional de duas dimensões do tipo:

$$Z = \frac{Z_0 + A_01x + B_01y + B_02y^2 + B_03y^3}{1 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + B_1y + B_2y^2} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: Z_0 = valor inicial de referência, $A_01, B_01, B_02, B_03, A_1, A_2, A_3, B_1, B_2$ = parâmetros do modelo. A equação encontrada foi:

$$Z = \frac{78,5 + 1,1x - 12y + 0,6y^2 - 0,011y^3}{1 - 0,1x + 0,02x^2 - 0,0011x^3 - 0,005y + 0,0013y^2} \quad (\text{Equação 6})$$

$$R^2 = 0,88$$

Onde: z = taxa de perda de massa (g/dia), x = tempo (dias), y = temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

A análise de variância da regressão para o modelo ajustado para a variável taxa de perda de massa em relação ao tempo e a temperatura indicou que a interação entre tempo e temperatura não foi significativa. A Figura 5 um mostra a superfície gerada por esta equação.

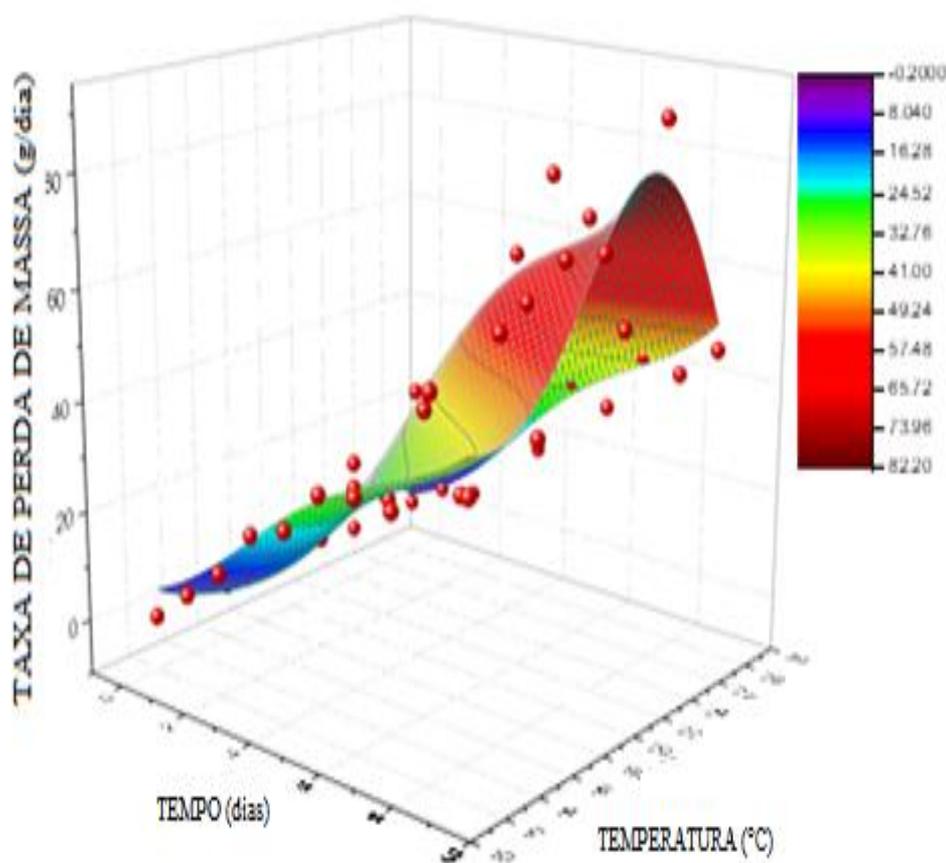


Figura 5. Perda de massa de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores de perda de massa demonstraram um comportamento de aumento em função do tempo de armazenamento. Segundo Cenci et al. (2002), perdas de massa fresca superiores a 5% já são suficientes para a depreciação de mamões e muitas vezes essas perdas são negligenciadas na cadeia de comercialização. Em relação à temperatura, é possível observar que valores de temperaturas mais baixas retardam as perdas, apresentando o maior valor de perda de massa aos 24°C. Foi constatado sintomas de enrugamento aparente, provocado pela perda de água, a partir do quinto dia, nas temperaturas de 24°C e 28°C, porém, na temperatura de 28°C também já foi observado presença de fungos (Figura 6a e 6b).

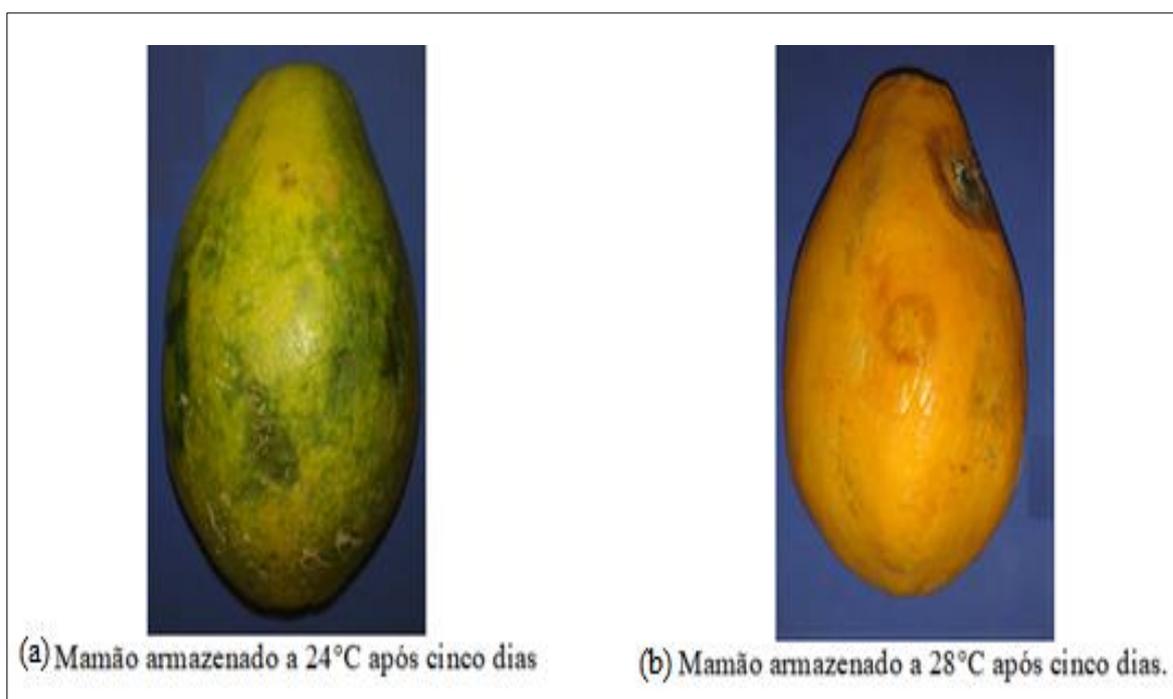


Figura 6. Murchamento do mamão para temperatura de 24°C e 28°C após cinco dias.
Fonte: Pesquisa

Para temperatura de 16°C, 20°C e 12°C o murchamento só foi observado no sexto, sétimo e oitavo dia, respectivamente (Figura 7a, 7b e 7c), apesar de que, para essas temperaturas o valor percentual da perda de massa ultrapassou o valor de 5% já no sexto dia. No final do armazenamento, ao nono dia, os frutos armazenados a 24°C atingiram uma perda de massa em torno 90g, representando cerca de 14,3% da massa inicial, resultado semelhante ao observado por Moraes et al. (2007) e dentro o sugerido por Kader (2002) e Figueiredo Neto et al.(2013).

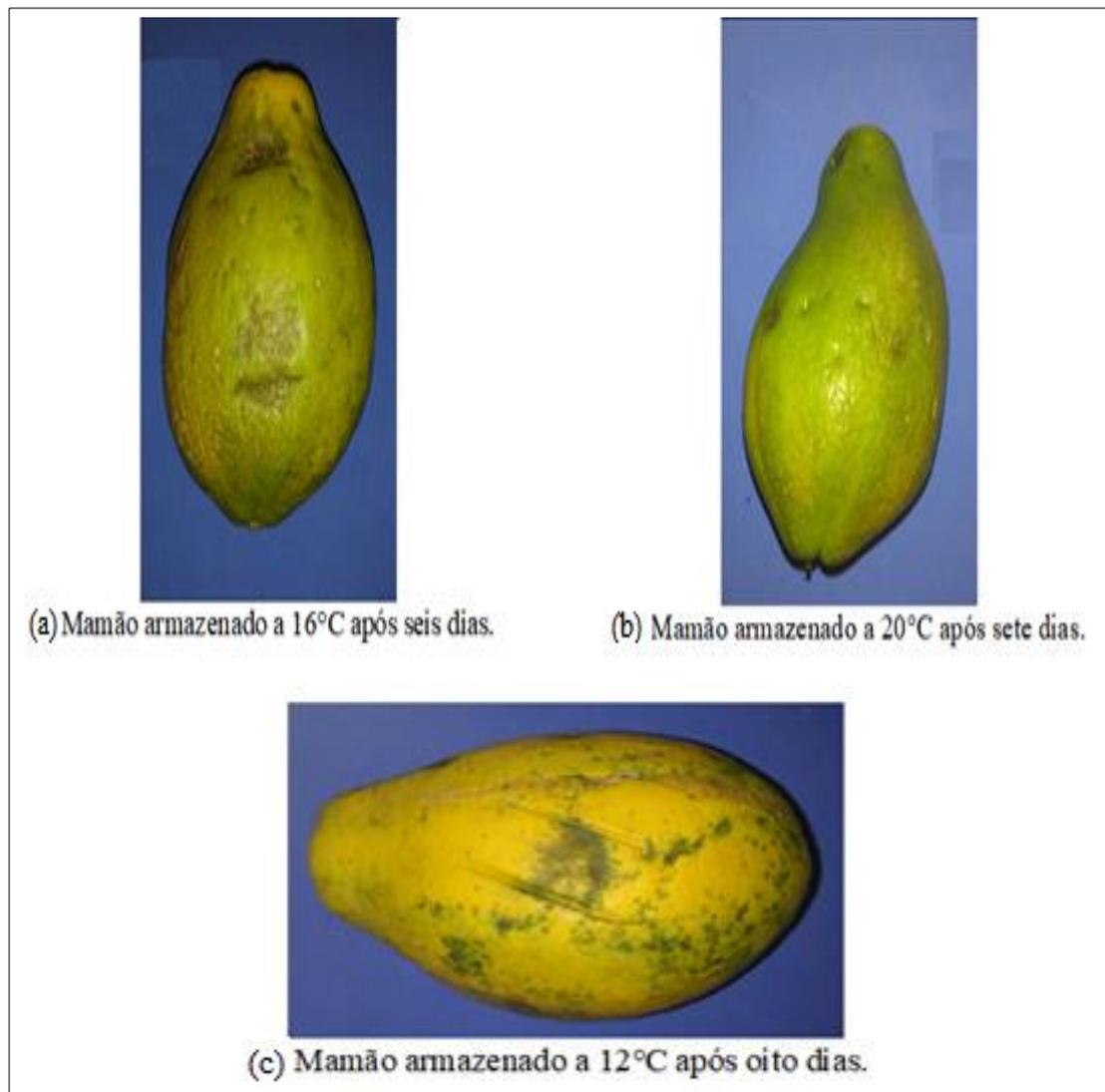


Figura 7. Murchamento do mamão de acordo com tempo e temperatura.

Fonte: Pesquisa

4.1.2. pH

Para a variável pH, não foi possível ajustar uma superfície aos dados uma vez que todos os coeficientes de correlação encontrados, em 500 modelos testados pelo software LABFIT, apresentaram coeficiente de determinação inferior a 0,10. Entretanto, a observação dos dados mostrou que os valores referentes à temperatura de 28°C destoavam completamente dos demais valores. Sendo assim, optou-se por uma análise retirando-se do conjunto da amostra os valores referentes a essa temperatura, tendo os mesmos sido analisados em separado. Desta forma, obtivemos um ajuste do tipo polinomial de dimensão 2 para os dados referentes as temperaturas de 12 a 24°C. A curva referente a este ajuste é dada pela equação 7.

$$z = 4,5 - 0,03x + 0,09y + 0,007x^2 - 0,0022y^2 - 0,004xy \quad (\text{Equação 7})$$

$$R^2 = 0,80$$

Onde: $z = \text{pH}$; $x = \text{tempo (dias)}$; $y = \text{temperatura (}^\circ\text{C)}$.

A análise de variância da regressão para o modelo ajustado para a variável pH em relação ao tempo e a temperatura mostrou que houve interação entre os fatores. O pH de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento, para a faixa de temperatura de 12 a 24 °C estão apresentados na Figura 8.

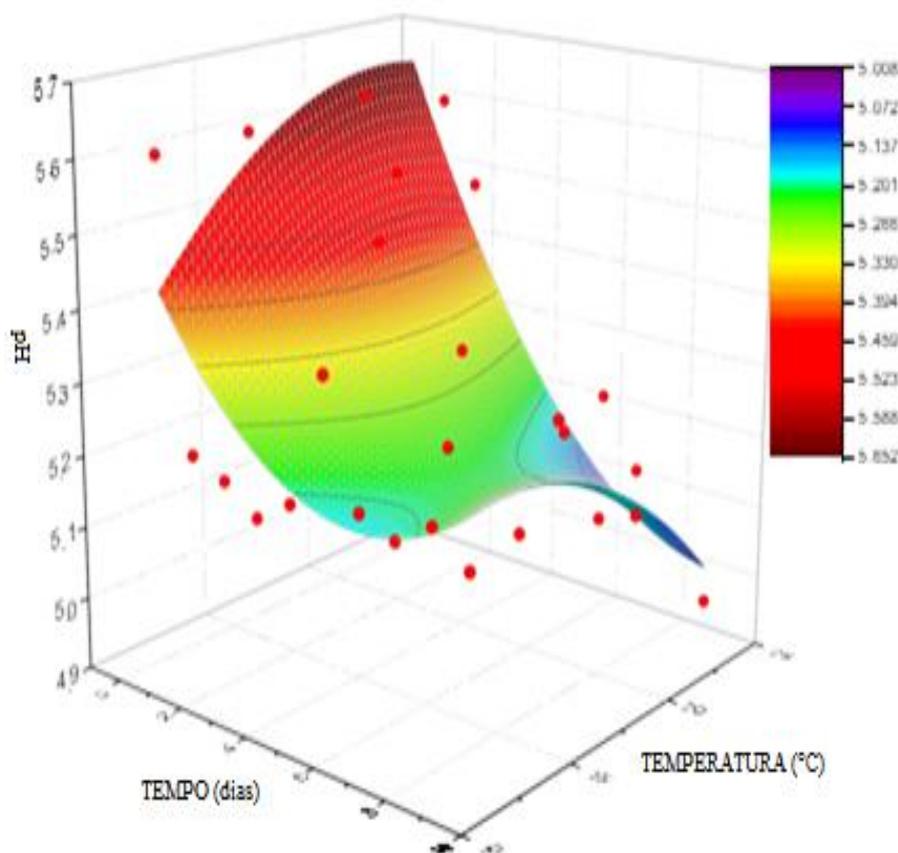


Figura 8. pH da polpa de frutos de mamão em função da temperatura e do tempo de armazenamento em diferentes temperaturas, para a faixa de temperatura de 12 a 24 °C.
Fonte: Dados da pesquisa.

O mamão apresenta pH entre 4,5 e 6,0, com base nisto, pode-se dizer que todos os frutos analisados apresentam pH no intervalo adequado para consumo in natura. Observa-se um comportamento descendente dos valores dessa variável em função do tempo, para uma dada temperatura, sendo o maior valor obtido no primeiro dia na temperatura de armazenamento de 24°C e o menor valor obtido no nono dia nessa mesma temperatura de armazenamento.

Para a temperatura de 28°C se ajustou um polinômio de quarto grau, relacionando o pH com o tempo de armazenamento. A equação encontrada foi a Equação 8.

$$Y = 5,62 - 1,22x + 0,88x^2 - 0,16x^3 + 0,008x^4 \quad (\text{Equação 8})$$

$$R^2 = 0,98$$

Onde: Y = pH; x = tempo (dias).

O gráfico correspondente a essa equação é apresentado na Figura 9.

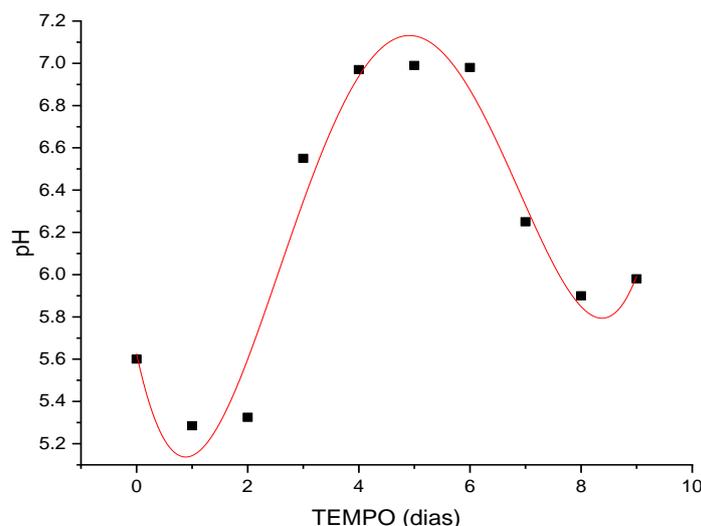


Figura 9. pH da polpa de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento na temperatura de 28 °C.

Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar um aumento dos valores de pH até o sexto dia seguido de uma queda. O aumento de pH pode está associado a diminuição no processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Porém, os mesmos autores citam que, em alguns casos, há uma pequena diminuição nos valores com o avanço do amadurecimento. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento da liberação de ácidos galacturônicos, associados à redução do metabolismo respiratório que implica numa redução do consumo dos ácidos orgânicos (PEGO et al, 2015).

4.1.3. Sólidos solúveis

Para a variável sólidos solúveis, expresso em °Brix, também ajustou-se um modelo polinomial racional de duas dimensões expresso pela equação 9.

$$Z = \frac{6,5 - 0,53x + 0,04y - 0,01y^2 - 0,0004y^3}{1 - 0,11x + 0,007x^2 - 0,0002x^3 - 0,003y + 0,001y^2} \quad (\text{Equação 9})$$

$$R^2 = 0,81$$

Onde: z = teor de sólidos solúveis (°Brix); x = tempo (dias); y = temperatura (°C). A superfície gerada pelo modelo obtido está apresentada na Figura 10. Observou-se que a interação entre tempo e temperatura não foi significativa.

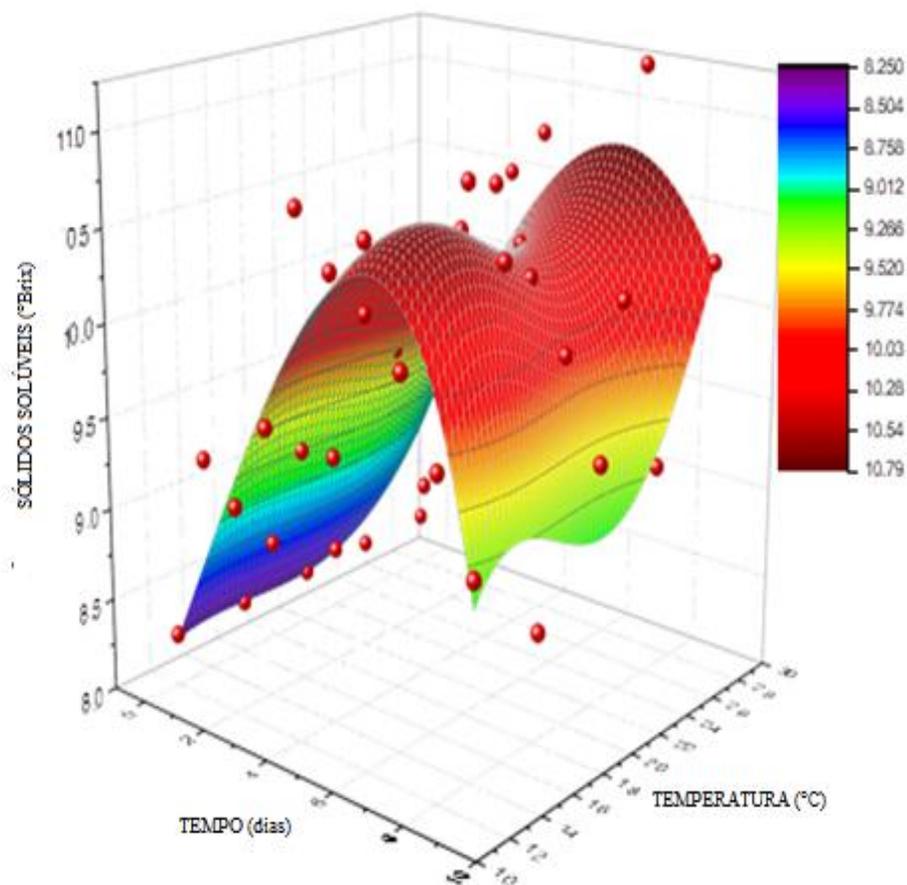


Figura 10. Sólidos solúveis de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa.

É observado um aumento do teor de sólidos solúveis, em função do tempo, até o sexto dia, seguido de um acentuado decréscimo. Em função da temperatura, é observado um comportamento oscilatório, porém com tendência ao aumento a medida que a temperatura aumenta.

A interconversão de carboidratos da parede celular pode justificar o aumento do teor de sólidos solúveis na fruta durante o processo de maturação (SOUZA, 2014). Porém, no processo de maturação mais adiantado pode ocorrer o decréscimo do teor de

sólidos solúveis, podendo esse fato ser explicado pela utilização dos açúcares e de ácidos simples como substrato para respiração (PEGO et al, 2015).

4.1.4. Acidez titulável

Para a variável Acidez titulável, expressa em porcentagem de ácido cítrico, ajustou-se um modelo polinomial e encontrou-se a equação 10.

$$z = 0,05x - 0,021x^2 + 0,003x^3 + 3,6y^4 - 0,000006y^5 \quad (\text{Equação 10})$$

$$R^2 = 0,83$$

Onde: z = acidez titulável (% de ácido cítrico); x = tempo (dias); y = temperatura (°C).

A Figura 11 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido. A equação 10 nos indica que a interação entre tempo e temperatura não foi significativa assim como nos mostra que a temperatura tem maior influência no teor de acidez do que o tempo de armazenamento.

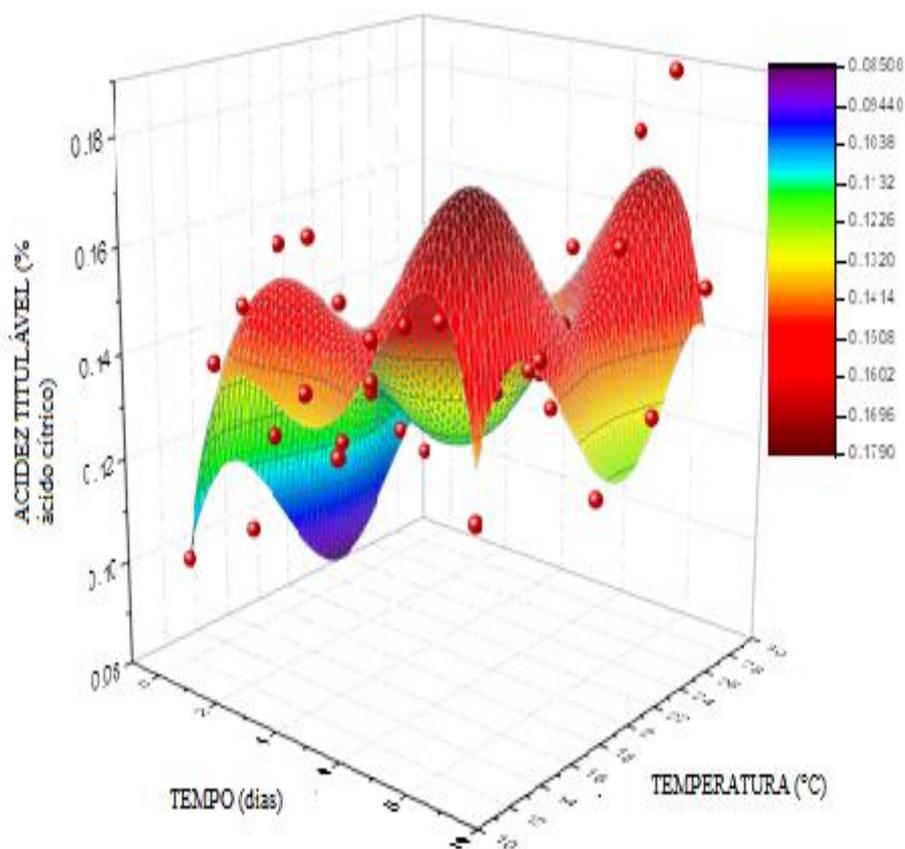


Figura 11. Acidez titulável de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 11 nos mostra um comportamento bem oscilatório da acidez titulável tanto em função do tempo como em função da temperatura. Ao contrário do pH, como é esperado, a redução do processo respiratório, provocada pelo avanço do processo de maturação, provoca a redução da acidez de frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Já o aumento da acidez pode está associada ao aumento da liberação de ácidos galacturônicos que associado à redução do metabolismo respiratório implica numa redução do consumo dos ácidos orgânicos (PEGO et al, 2015).

Os valores encontrados para os valores de acidez titulável do mamão estão próximos aos encontrados por Figueiredo Neto et al. (2013), Fortunato et al (2015), e Fagundes e Yamanishi (2001).

4.1.5. Ácido ascórbico

Para a variável teor de ácido ascórbico também se ajustou um modelo polinomial, sendo obtida a equação 11.

$$z = 24,6 + 3,6x^2 - 1,7x^3 + 0,29x^4 - 0,01x^5 \quad (\text{Equação 11})$$

$$R^2 = 0,80$$

Onde: z = teor de ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); x = tempo (dias); y = temperatura ($^{\circ}\text{C}$). A Figura 12 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

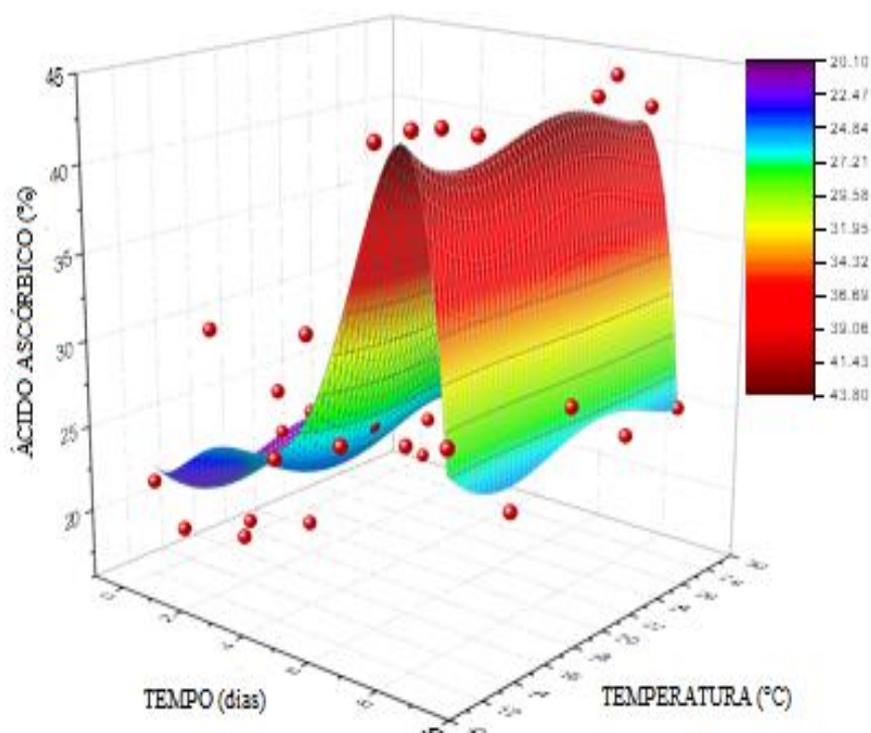


Figura 12. Teor de ácido ascórbico de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise de variância mostrou que não houve efeito significativo da temperatura. Também se observou que a interação entre tempo e temperatura não foi significativa.

É esperado que o teor de ácido ascórbico diminuísse com a maturação devido a degradação enzimática (CHITARRA E CHITARRA, 2005). Porém a diminuição do seu teor só ocorreu a partir do sexto dia. O aumento inicial do teor de ácido ascórbico pode está associado à perda de água dos frutos, promovendo a concentração de vitamina C (ANTUNES et al., 2003). Os valores encontrados nesse trabalho estão abaixo dos relatados por Reis et al., (2015).

4.1.6. Firmeza da casca

A Figura13 mostra a firmeza de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

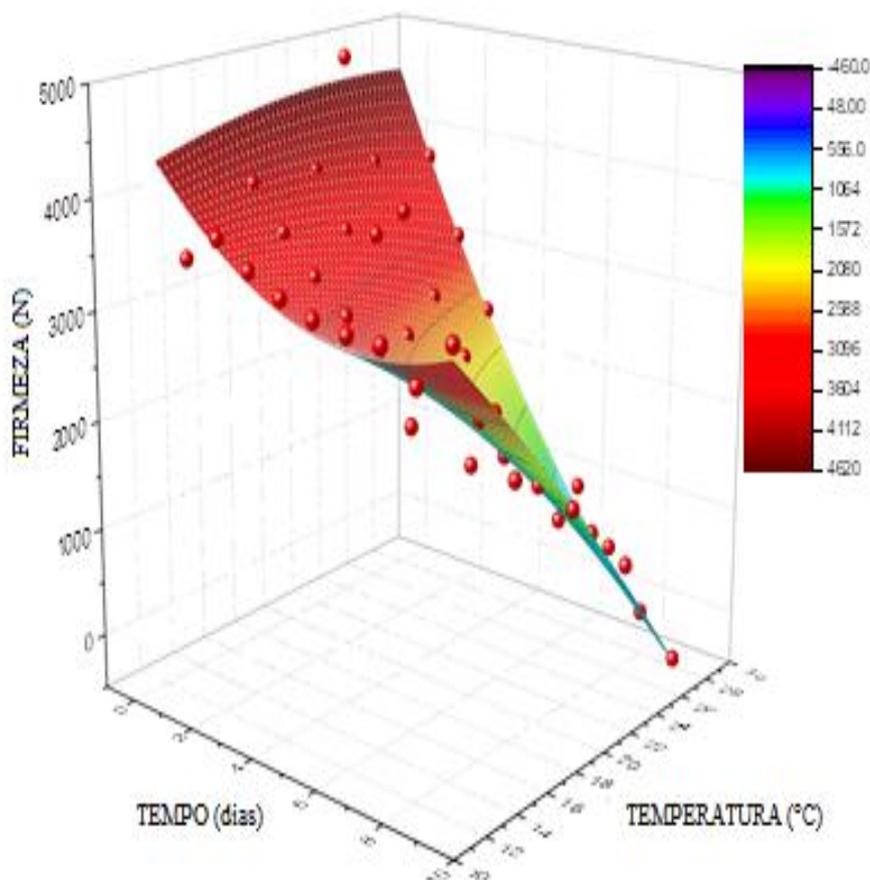


Figura 13. Firmeza de frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a variável firmeza da casca, a equação ajustada teve a fórmula polinomial de segunda ordem, expressa pela equação 12. A equação mostra que houve interação entre as variáveis tempo e temperatura.

$$z = 3368 - 31x + 104y + 28x^2 - 2y^2 - 28xy \quad (\text{Equação 12})$$

$$R^2 = 0,97$$

Onde: z = firmeza (N); x = tempo (dias); y = temperatura (°C).

Observa-se que a firmeza da casca diminui ao longo do tempo, à medida que o processo de maturação avança, e que também se comporta de maneira descendente à medida que a temperatura aumenta. Isso é justificado pelo fato de produtos submetidos à refrigeração terem a velocidade de suas reações retardadas e é o esperado já que a firmeza dos mamões está associada à compostos de sua parede celular que são degradados a medida que a fruta amadurece, reduzindo a resistência dos tecidos (PEGO et al, 2015).

4.2. Correlações

Com base na matriz de correlações, buscaram-se equações de regressão entre as variáveis estudadas. Não se encontrou uma correlação direta entre elas que permitisse se estimar uma pela outra. Contudo, estudando-se as variáveis em conjunto com a temperatura, ou em conjunto com o tempo de armazenamento, encontramos equações que as relacionam.

4.2.1. pH e sólidos solúveis

No caso das variáveis pH e sólidos solúveis, estudando-se o uso do pH em conjunto com a temperatura, ou em conjunto com o tempo de armazenamento, encontramos uma equação que relaciona o tempo de armazenamento e o pH com os sólidos solúveis. A equação 13 foi encontrada.

$$z = 0,80x + 2.47y - 0,07x^2 - 0,18y^2 \quad (\text{Equação 13})$$

$$R^2 = 0,93$$

Onde: z = sólidos solúveis (°Brix); x = tempo (dias); y = pH.

A Figura 14 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

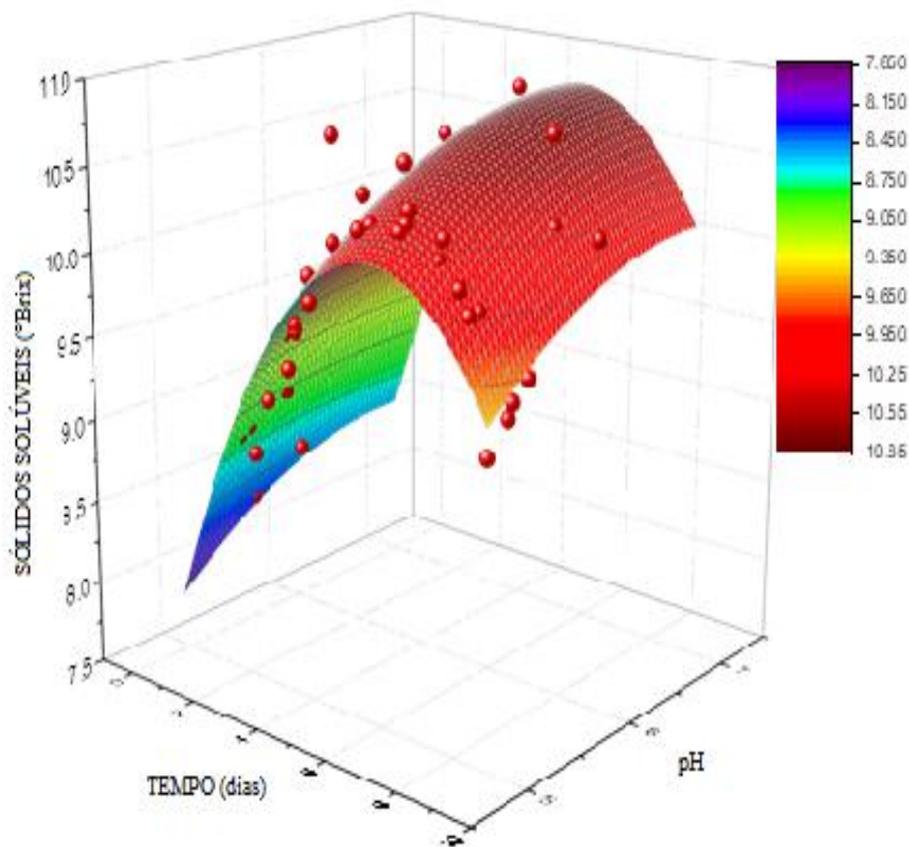


Figura 14. Sólidos solúveis de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e do pH

Fonte: Dados da pesquisa.

È mostrado na figura gerada um comportamento polinomial de segundo grau entre as variáveis. È possível observar que existe um valor ótimo para a variável sólidos solúveis em função do tempo. Isso está de acordo com o observado por Souza (2014) e Pego et al (2015) em relação à variação dos sólidos solúveis na fruta. È possível também, observar um comportamento levemente ascendente em relação ao pH, o que indica que frutas com maiores pH terão maiores valores de sólidos solúveis.

4.2.2. Taxa de perda de massa e acidez titulável

Na correlação entre a variável taxa de perda de massa e a acidez titulável, quando se acrescentou a perda de massa a variável tempo, obteve-se a equação 14.

$$z = 0,109 + 0,018x - 7,45x10^{-4}y - 0,002x^2 + 6,05x10^{-6}y^2 - 1,25x10^{-4}xy \quad (\text{Equação 14})$$

$$R^2 = 0,96$$

Onde: z = acidez titulável (% de ácido cítrico); x = tempo (dias) e y = taxa de perda de massa (g/dia). A Figura 15 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

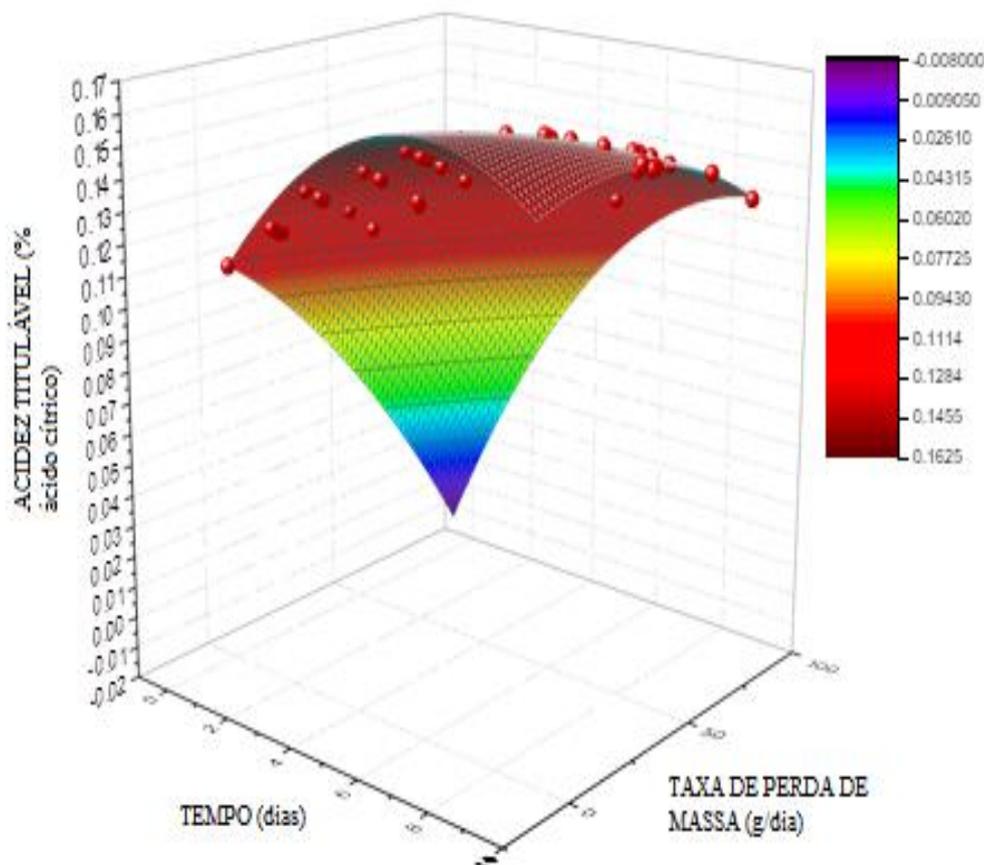


Figura 15. Acidez titulável de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e da taxa de perda de massa.

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a perda de massa está diretamente relacionada à perda de água provocada pelos processos de respiração e transpiração. Porém, além de provocar a perda de massa, o processo de respiração também provoca a redução da acidez, explicando a forma que essas variáveis se relacionam.

4.2.3. Taxa de perda de massa e firmeza

Para a correlação entre a variável taxa de perda de massa e a firmeza, quando se acrescentou a perda de massa a variável tempo, a equação 15 foi encontrada.

$$z = 4658,63 - 1954,91x + 174,90y - 250,71x^2 - 10,34y^2 - 115,96xy \quad (\text{Equação 15})$$

$$R^2 = 0,79$$

Onde: z = firmeza (N); x = tempo (dias); y = taxa de perda de massa (g/dia). A Figura 16 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

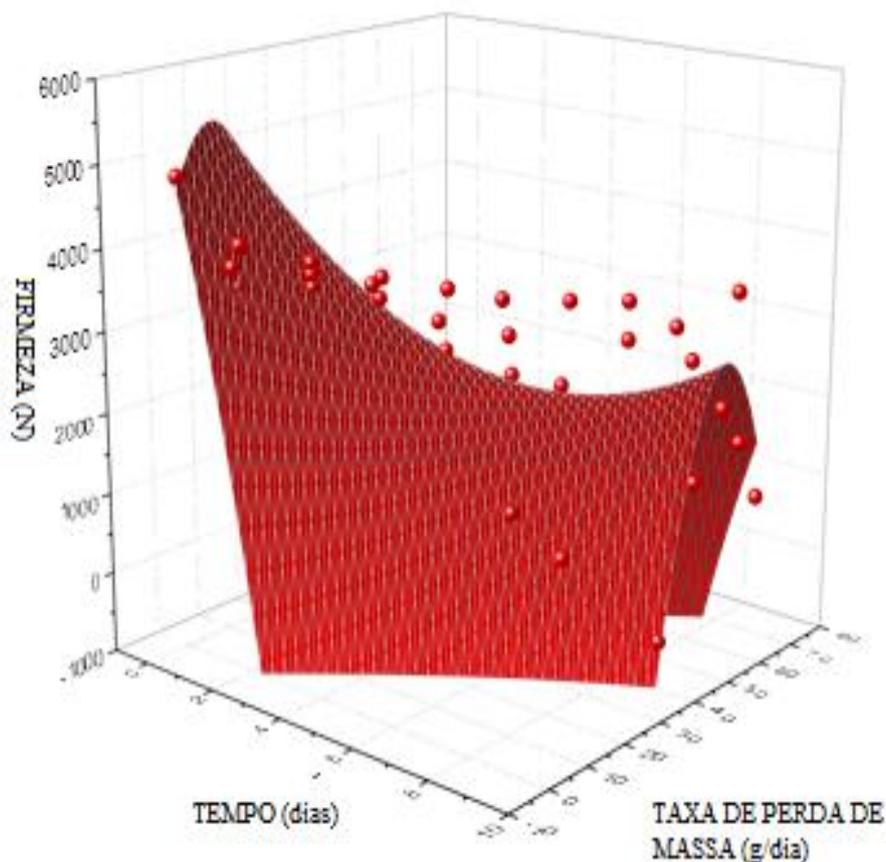


Figura 16. Firmeza de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e da taxa de perda de massa.

Fonte: Dados da pesquisa.

O aumento da taxa de perda de massa contribui para menor firmeza do fruto. Porém, esse comportamento não é observado em todo o intervalo o que sugere que outros fatores estejam envolvidos nessas variáveis. Esse resultado pode está associado às alterações na reologia da fruta que possuem propriedades elásticas e viscoelásticas. Devido a essas propriedades, após um período de tempo ocorrerá deformação permanente, comportamento típico da resposta de frutas. A perda de massa avança com o tempo assim como a diminuição da firmeza do fruto. Porém, a perda da massa está relacionada com a perda de água e uma menor turgidez celular. Esse fator pode provocar uma mudança na elasticidade do fruto com um tipo de “emborrachamento” da casca do mamão que irá resultar em um aumento da firmeza por mudanças nas características reológicas do fruto. Com o avanço do tempo de armazenamento os processos bioquímicos continuam acontecendo e a diminuição característica da firmeza ao final do amadurecimento ocorre.

4.2.4. Sólidos solúveis e firmeza

A Figura 17 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

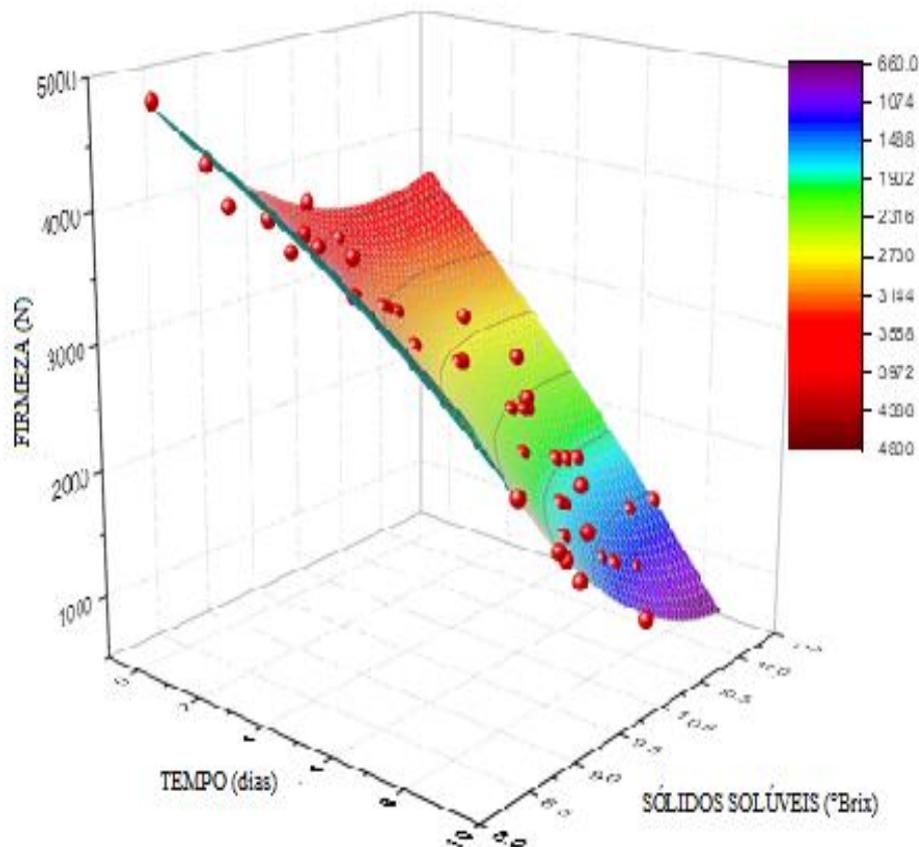


Figura 17. Firmeza de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e do teor de sólidos solúveis.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na relação entre as variáveis sólidos solúveis e firmeza, quando se acrescentou a perda de massa a variável tempo, obteve-se equação 16.

$$z = 29527,69 + 296,80x - 4928,70y - 6,36x^2 + 234,35y^2 - 51,56xy \quad (\text{Equação 16})$$

$$R^2 = 0,99$$

Onde: z = firmeza (N); x = tempo (dias); y = sólidos solúveis (°Brix).

De acordo com Souza (2014), a atividade enzimática nos componentes da parede celular além de provocar o amaciamento da polpa da fruta pode resultar no fornecimento de açúcares mais simples e até mesmo outros resíduos solúveis que poderão ser transformados em açúcares ou se juntar aos SS acumulados na polpa do fruto colhido em fase de amadurecimento. Esse fato pode explicar a relação inversa entre os sólidos solúveis e a firmeza da polpa.

4.2.5. pH e firmeza

Ao relacionar as variáveis pH e firmeza e acrescentando-se a variável tempo, a equação 17 foi encontrada.

$$z = 24225,34 - 6532,96y - 48,73x^2 + 543,10y^2 - 141,53xy \quad (\text{Equação 17})$$

$$R^2 = 0,78$$

Onde: z = firmeza (N); x = tempo (dias); y = pH. A Figura 18 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

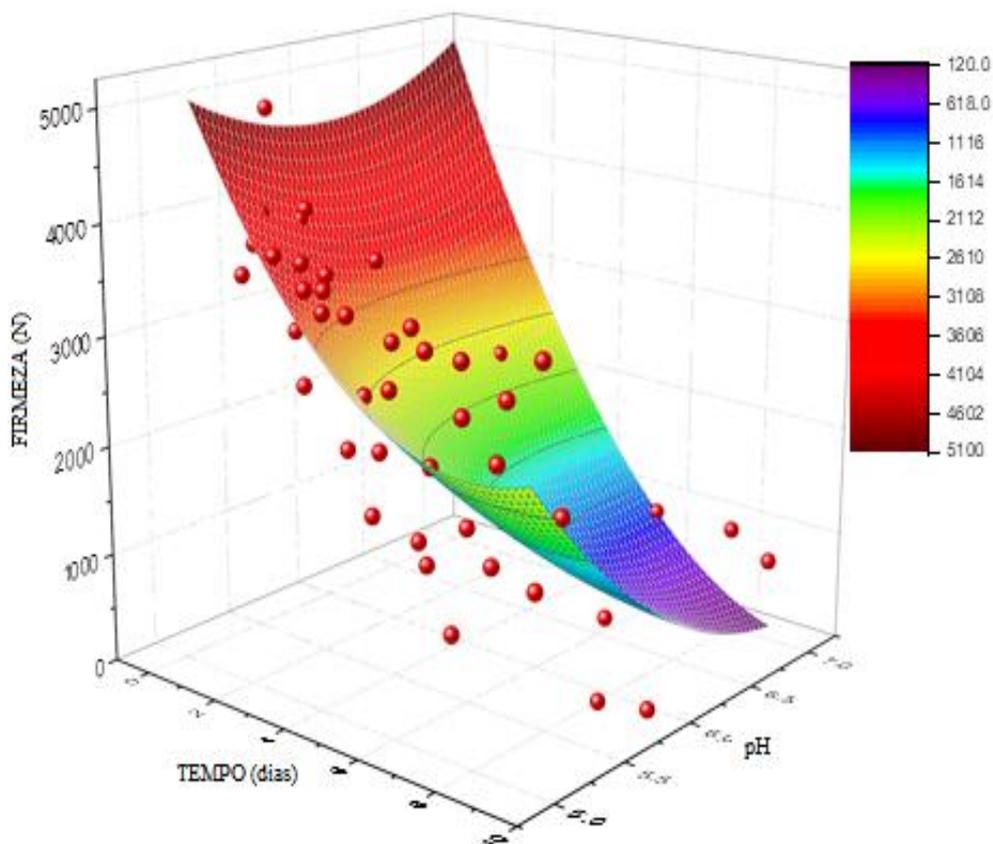


Figura 18. Firmeza de frutos de mamão, em função do tempo de armazenamento e do pH.

Fonte: Dados da pesquisa.

A redução da firmeza da fruta está associada à degradação da parede celular. De acordo com Pinto et al. (2011), a medida em que as ligações da parede celular são quebradas, grupos ácidos são produzidos, provocando uma redução no pH. Esse processo, explica a relação entre pH e firmeza do fruto, sendo que, a medida que o tempo passa temos uma redução de ambas as variáveis.

4.2.6. Acidez titulável e firmeza

Ao relacionar as variáveis acidez titulável e firmeza, não se encontrou uma equação de regressão que pudesse relacioná-las diretamente. De forma diferente das outras variáveis, quando se acrescentou a acidez titulável a variável tempo, também não se obteve uma equação de regressão com bom ajuste. Todavia, ao se acrescentar a temperatura a variável acidez titulável se obteve a equação 18.

$$z = 7666,64 + 24,97x - 238,15y - 1,70x^2 + 2,88y^2 \quad (\text{Equação 18})$$

$$R^2 = 0,86$$

Onde: z = firmeza (N); x = temperatura (°C); y = acidez titulável (% de ácido cítrico). A Figura 19 mostra a superfície gerada pelo modelo obtido.

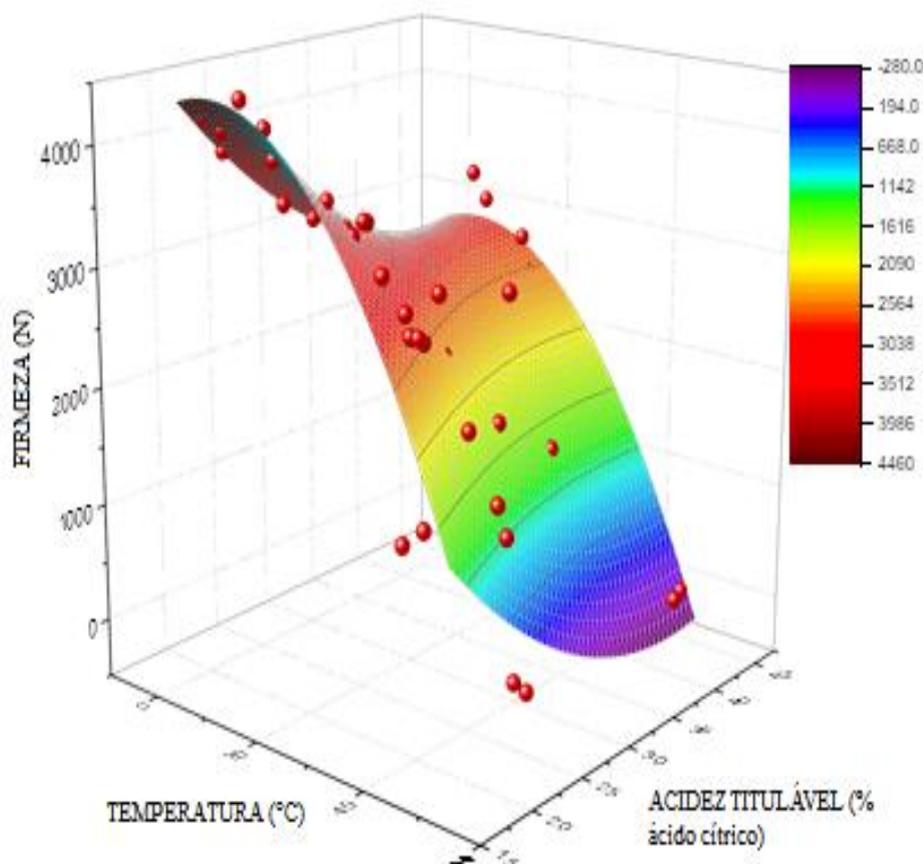


Figura 19. Firmeza de frutos de mamão, em função da temperatura de armazenamento e da acidez titulável.

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim como na correlação entre pH e firmeza, a acidez titulável também se relaciona com a firmeza, porém, a liberação de ácidos no meio, que provocam a redução do pH, levam à acidificação do meio e conseqüente aumento dos valores de acidez titulável. Desta forma, à medida que a acidez aumenta a firmeza da fruta diminui.

4.3. Análise por imagem

A Tabela 6 mostra as porcentagens de cor amarelo obtidas para os frutos de cada tratamento com o método computacional usado.

Tabela 6. Porcentagem de cor amarela em frutos de mamão, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

T (°C)	TEMPO (Dias)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	1,70	29,04	42,09	40,02	40,92	39,57	48,53	64,02	71,43	76,34
16	1,70	34,49	63,55	67,53	78,57	76,79	75,36	75,42	78,96	77,21
20	1,70	25,64	51,28	64,94	76,77	90,85	92,81	100,00	96,13	99,32
24	1,70	40,17	46,34	66,83	93,58	94,87	99,92	100,00	99,72	98,68
28	1,70	48,38	57,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Dados da pesquisa

Observou-se que, no primeiro dia de armazenagem, em todas as temperaturas, os frutos já estavam no estágio $\frac{1}{2}$ maduro, sendo que, quanto maior a temperatura, maior a porcentagem de amarelo nos frutos. No terceiro dia de armazenagem, apenas os frutos armazenados a 12°C ainda estavam no estágio $\frac{1}{2}$ maduro, para todas as demais temperaturas os frutos já se encontravam no estágio $\frac{3}{4}$ maduro, com exceção da temperatura de 28°C, para a qual os frutos já puderam ser considerados maduros.

A cor da casca da fruta mudou rapidamente durante a maturação pós-colheita. A variação da cor verde para a amarela, que ocorre na casca do mamão, é uma das mais características transformações que ocorrem durante o amadurecimento deste fruto. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), essa mudança de cor está associada à decomposição da clorofila que ocorre ao longo do processo de maturação.

A análise de regressão encontrada, para a relação entre a porcentagem da cor amarela e o tempo, em dias, levou ao ajuste, para cada temperatura de armazenamento, da função logística, cujo modelo é dado pela equação 19.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + x/x_0} + A_2 \quad (\text{Equação 19})$$

Sendo A1 e A2 coeficientes do modelo, x é o tempo em dias, x0 um valor inicial estimado.

A função foi nomeada em 1844–1845 por Pierre François Verhulst, que a estudou relacionando-a ao crescimento populacional. O estágio inicial de crescimento é aproximadamente exponencial; então, conforme a saturação se inicia, o crescimento diminui, e na maturidade o crescimento para. A função logística tem aplicações em grande diversidade de áreas, incluindo rede neural artificial, biologia (especialmente ecologia), biomatemática, química, demografia, economia, geociências, psicologia matemática, probabilidade, sociologia, ciências política e estatística (JANEDY, 2003).

Os coeficientes das equações ajustadas, bem como os valores dos coeficientes de determinação (R^2) são mostrados na Tabela 7 e a Figura 20 mostra as curvas obtidas. Na Tabela 8 são apresentados os resultados da Análise de Variância da Regressão, para cada modelo ajustado.

Tabela 7. Coeficientes das equações ajustadas pelo modelo logístico, para a relação entre a porcentagem de amarelo na casca e o tempo de armazenagem e a temperatura de frutos de mamão

Coeficiente	Temperatura de Armazenagem				
	12°C	16°C	20°C	24°C	28°C
A_1	4,40	1,67	1,99	3,36	2,58
A_2	165130,80	78,17	113,84	118,48	106,46
x_0	$1,07 \times 10^7$	1,13	2,39	2,20	1,29
P	0,56	2,37	1,55	1,39	1,79
R^2	0,90	0,99	0,99	0,96	0,95

Fonte: Dados da pesquisa.

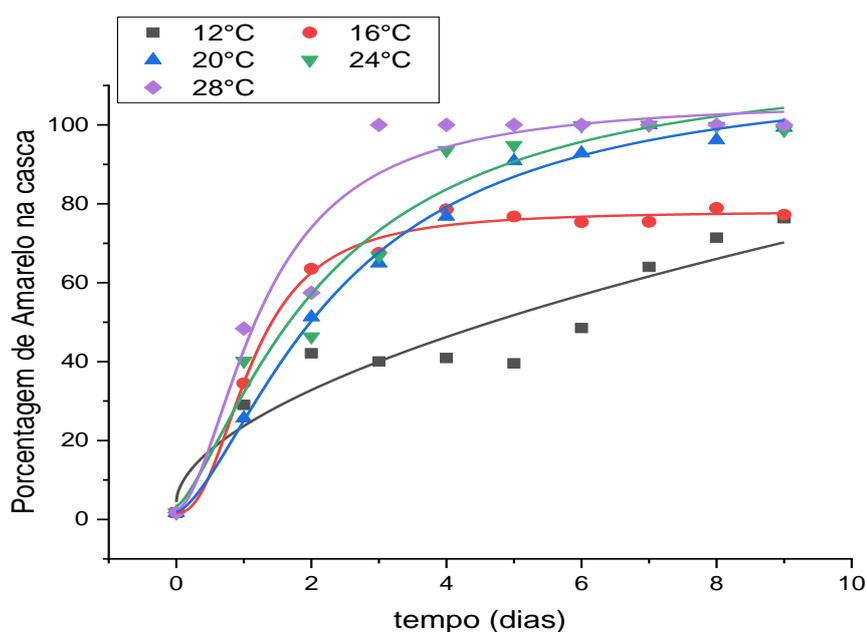


Figura 20. Porcentagem de amarelo na casca de frutos de mamão, em função do tempo e da temperatura de armazenagem.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8. Análises de variância das regressões ajustadas pelo modelo logístico, para a relação entre a porcentagem de amarelo na casca com o tempo para cada temperatura de armazenagem de frutos de mamão.

Temperatura	C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	Prob>F
12°C	Regressão	4	24401,20	6100,30	82,78	2,85x10 ⁻⁵
	Resíduo	6	442,17	73,69		
	Total sem correção	10	24843,37			
	Total corrigido	9	4262,63			
16°C	Regressão	4	45384,97	11346,24	1714,80	3,46 x10 ⁻⁹
	Resíduo	6	39,70	6,62		
	Total sem correção	10	45424,67			
	Total corrigido	9	5787,57			
20°C	Regressão	4	59315,73	14828,93	1536,63	4,80 x10 ⁻⁹
	Resíduo	6	57,90	9,65		
	Total sem correção	10	59373,63			
	Total corrigido	9	10452,00			
24°C	Regressão	4	65257,04	16314,26	246,88	1,13 x10 ⁻⁶
	Resíduo	6	396,49	66,08		
	Total sem correção	10	65653,53			
	Total corrigido	9	10625,32			
28°C	Regressão	4	75133,12	18783,28	220,59	1,58 x10 ⁻⁶
	Resíduo	6	510,90	85,15		
	Total sem correção	10	75644,02			
	Total corrigido	9	10433,55			

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme Cortez et al (2002), a temperatura tem um efeito bastante característico sobre a respiração de frutas e hortaliças. Entre as temperaturas avaliadas, observou-se que, o mamão estocados em menores temperaturas (12°C e 16°C) apresentaram um retardo na evolução da cor verde para a amarela conseguindo-se, após nove dias ainda se manterem no estágio 4 de maturação, enquanto frutos armazenados em temperaturas mais elevadas, como 28°C, atingiram o estágio cinco de maturação logo ao terceiro dia.

Os resultados obtidos nesse trabalho são semelhantes aos obtidos por Rocha et al (2005) que também observaram perda de qualidade relacionada à aparência externa dos frutos com o aumento do período de armazenamento e das temperaturas. Sob condições ambientais, Ribeiro (2002) verificou evolução na coloração da casca em mamão Formosa até o sexto dia de armazenamento, estando os frutos ótimos para a comercialização entre o terceiro e o sexto dia, quando apresentavam mais de 50% da cor da casca amarela. Sob condições refrigeradas, Abeles et al. (1992), constataram que, a redução da temperatura acarreta a diminuição da degradação de clorofila, provocada

pela diminuição da liberação de etileno e pela redução do pH, o que pode ter proporcionado o aspecto verdoso nos frutos a 8°C.

A Tabela 9 mostra as correlações entre as variáveis Físicas e Fisico-Químicas e a porcentagem de amarelo da casca.

Tabela 9. Correlações entre as variáveis Físicas e Fisico-Químicas e a porcentagem de amarelo da casca de frutos de mamão.

Variável	Correlação de Pearson
Firmeza	-0,91*
taxa de perda de massa	0,76*
sólidos solúveis	0,71*
Ácido ascórbico	0,47*
Acidez Titulável	0,47*
pH	0,26

* Correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Dados da pesquisa.

A única correlação que não foi significativa foi entre o pH e a porcentagem de amarelo da casca que foi a menor das correlações. A maior correlação encontrada foi entre a firmeza e a porcentagem de amarelo da casa (-0,91) sendo que estas variáveis apresentam comportamento oposto, ou seja, quanto maior a firmeza, menor a porcentagem de amarelo da casca dos frutos.

Foi ajustado um polinômio cúbico para a relação entre a porcentagem de amarelo na casca e a firmeza dos frutos, a equação 20 foi encontrada.

$$y = 4946,58 - 71,23x + 1,36x^2 - 0,01x^3 \quad (\text{Equação 20})$$

$$R^2 = 0,89$$

Onde: y = firmeza (N); x = porcentagem de amarelo na casca. A Figura 21 mostra a curva obtida.

Oliveira (2010) relata que, a firmeza esta associada à composição da parede celular, que é constituída de celulose, hemicelulose, pectinas, ligninas entre outros. Com o avanço do amadurecimento a fruta vai ficando amarela, estas substâncias vão se degradando, devido à coesão entre as células e, o fruto, por sua vez, perde a resistência dos tecidos.

Pego et al (2015) observou que a firmeza do mamão diminuiu de maneira linear no decorrer dos dias de armazenamento apresentando valor de 8,10 kN após 16 dias de armazenamento. Souza et al (2014) observou que a firmeza de frutos dos genótipos ‘Golden’ e Tainung reduziu-se drasticamente entre o primeiro e o terceiro dia após a

colheita, seguido de decréscimo menos intenso até o quinto e sétimo dia. Esses resultados indicam um comportamento semelhante aos encontrados nesse trabalho.

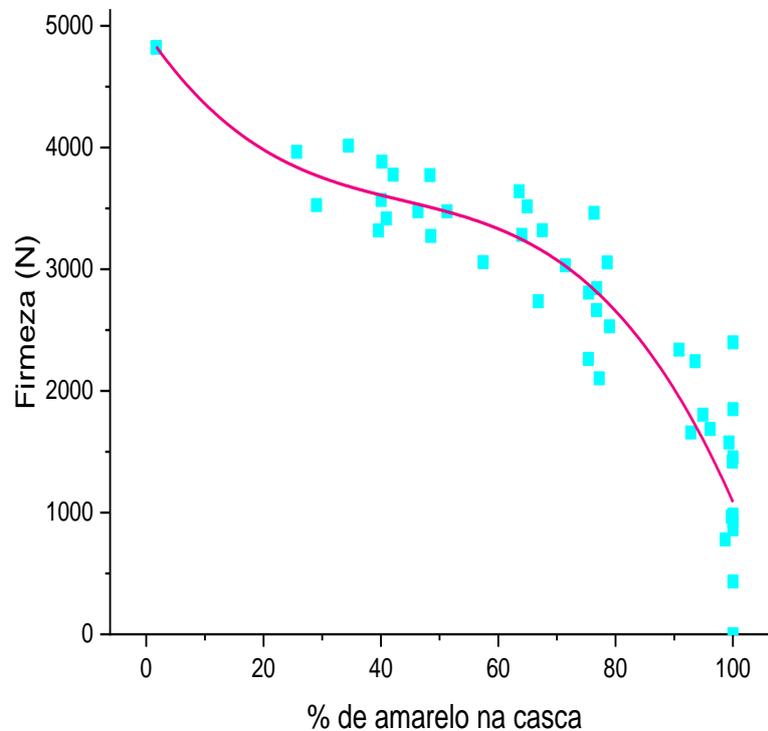


Figura 21. Firmeza de frutos de mamão em função da porcentagem de amarelo na casca.

Fonte: Dados da pesquisa.

Não se encontrou um modelo que relacionasse diretamente a porcentagem de amarelo na casca com a taxa de perda de massa. Entretanto quando combinamos a variável tempo com a porcentagem de amarelo na casca, o modelo polinomial de segundo grau apresentou bom ajuste. O modelo obtido está apresentado na equação 21, sendo significativa a interação entre tempo e porcentagem de amarelo da casca. A curva obtida pela equação 21 está apresentada na figura 22.

$$z = -0,56 + 10,66x - 0,08y - 0,14x^2 + 0,002y^2 - 0,04xy \quad (\text{Equação 21})$$

$$R^2 = 0,93$$

Onde: z = taxa de perda de massa (g/dia); x = tempo (dias); y = porcentagem de amarelo na casca.

A taxa de perda de massa apresentou comportamento ascendente com o aumento de tempo de armazenamento e com o percentual de amarelo na casca da fruta. Esse

comportamento é o esperado já que, tanto o percentual de amarelo na casca quanto a taxa de perda de massa aumentam, a medida que o processo de maturação evolui.

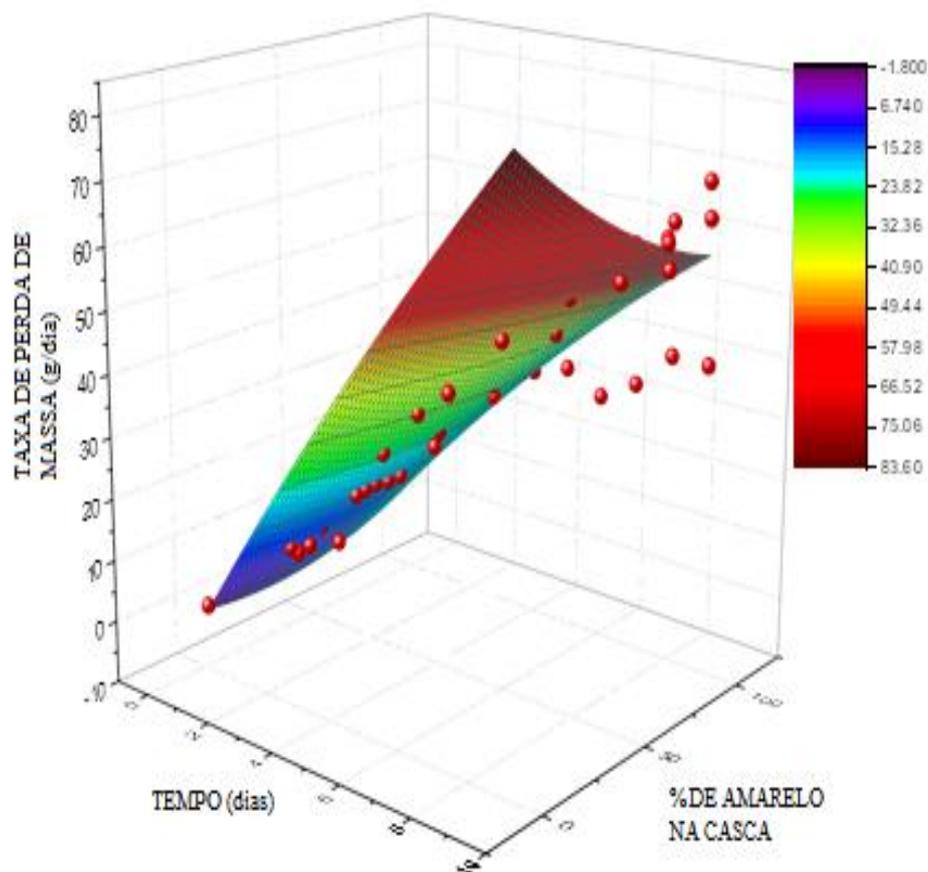


Figura 22. Taxa de perda de massa de frutos de mamão em função do tempo de armazenamento, em dias, e da porcentagem de amarelo na casca.

Fonte: Dados da pesquisa.

Não se encontrou uma relação direta, por meio de regressão, entre a porcentagem de amarelo na casca e os sólidos solúveis. Por isso, acrescentou-se a variável tempo e, com isso, foi possível ajustar um modelo polinomial de segundo grau sendo obtida a equação 22.

$$z = 8,34 + 0,81x - 0,008y - 0,07x^2 \quad (\text{Equação 22})$$

$$R^2 = 0,74$$

Onde: z = sólidos solúveis (°Brix); x = tempo (dias); y = porcentagem de amarelo na casca. A interação entre o tempo e a porcentagem de amarelo da casca não foi significativa. Também não foi significativo o efeito quadrático da porcentagem de amarelo na casca. A curva obtida está apresentada na figura 23.

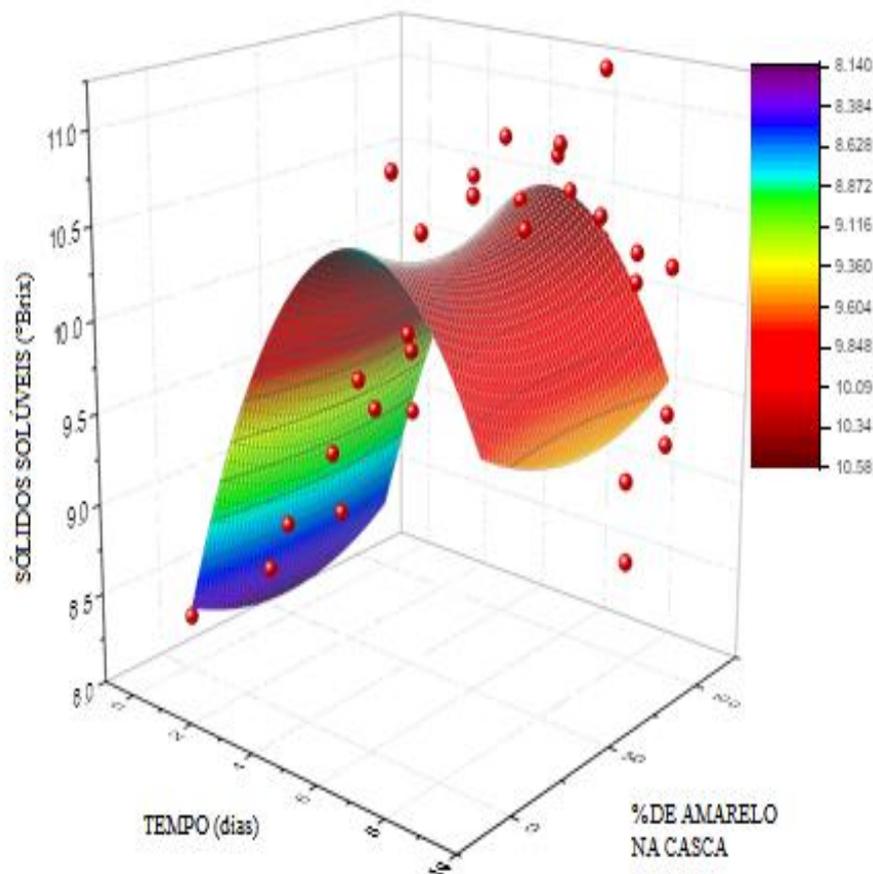


Figura 23. Sólidos solúveis de frutos de mamão em função do tempo de armazenagem, em dias, e da porcentagem de amarelo na casca.

Fonte: Dados da pesquisa.

A relação entre sólidos solúveis e o percentual de amarelo na casca também foi a aguardada, já que era esperado um aumento dos açúcares no fruto no início de seu armazenamento, seguido de uma diminuição, justificada pela evolução do processo respiratório. Carvalho (1998) trabalhando com mamões minimamente processados colhidos no estágio 4 (com casca de 50 a 75% amarela) observou uma redução nos teores de sólidos solúveis no início do armazenamento, semelhante ao ocorrido nesse trabalho.

Para as variáveis acidez titulável, ácido ascórbico e pH, não foi possível encontrar uma equação de regressão que apresentasse bom ajuste ($R^2 > 0,50$) nem mesmo quando se acrescentou a variável tempo ou a variável temperatura.

5. CONCLUSÕES

A correlação de características é extremamente importante, pois permite avaliar quantitativamente a relevância de um caráter em relação a outro. Foi possível avaliar a correlação das variáveis dependentes (pH, sólidos solúveis, acidez titulável, taxa de perda de massa, firmeza e ácido ascórbico) com as variáveis independentes (tempo e temperatura de armazenamento). Essas correlações nos geraram equações de regressão múltiplas que nos permitem estimar uma variável em função de outras.

O processo de análise de imagem permitiu a caracterização da evolução da maturação do mamão, identificando a degradação da clorofila que marca a mudança da cor verde para a cor amarela em frutos maduros. A correlação entre as variáveis físicas e físico-químicas e a porcentagem de amarelo da casca apresentaram resultados relevantes, destacando-se a correlação entre a porcentagem de amarelo na casca e a firmeza do fruto. Apenas o pH não apresentou correlação significativa com os resultados da análise por imagem.

Considerando os atributos de qualidade cor de casca e firmeza, e a forma como eles se relacionam é possível utiliza-los como indicadores do processo de amadurecimento do mamão. Com a equação obtida pelos dados desses atributos é possível, com o processamento digital da imagem do mamão, obter valores de firmeza da fruta e concluir sobre o estágio de maturação da mesma sem que seja necessária uma análise destrutiva.

A análise por imagem mostrou-se uma metodologia promissora para classificação de frutas que apresentam mudança de coloração ao longo de seu amadurecimento por representar uma ferramenta útil e de baixo custo para a classificação e o controle de qualidade dos mamões.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JUNIOR, M. E. **Etylene in plantbiology**. 2.ed. New York: Academic Press, 1992.
- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C. M. de. **Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38 (3), 2003.
- AOAC - **Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis**. 18th ed, 3th Review, Washington: AOAC, 2010.
- ASCHERI, D. P. R.; LIMA, T. A. DE; RINALDI, M. M. **Caracterização física de frutos do mamão e química de cascas e sementes**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2010.
- BENDER, T.C. **Classificação e Recuperação de Imagens por Cor Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial**. Dissertação (Mestrado) – UNISINOS, Departamento de Computação, São Leopoldo, 2003.
- CARVALHO, A. V.; DAIUTO, A.R.; LIMA, L. C. O. **Qualidade de mamão (*Carica papaya*) minimamente processado e armazenado em condições refrigeradas**. Revista Universidade de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais, 1998.
- CARVALHO, A.V.; LIMA, L.C.O. **Modificação de componentes da parede celular e enzimas de kiwis minimamente processados submetidos ao tratamento com ácido ascórbico, cítrico e CaCl₂**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.22, n.3, 2008.
- CARVALHO, J. N.; GURJÃO, E. C.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M. **Classificação automática de frutas por análise de imagem – o caso da Manga tommy Atkins**. VIII Workshop de Tecnologia Adaptativa. São Paulo, 2014.
- CENCI, S. A.; FONSECA, M. J. de O.; FREITAS-SILVA, O. **Procedimentos pós-colheita**. In: FOLEGATTI, M. I. da S.; MATSUURA, F.C. A. U. Mamão: pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras, 2005.
- CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.
- COSTA, A.F.S.; BALBINO, J.M.S.: **Características da fruta para exportação e normas de qualidade**. In: FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. (Eds.). Mamão: pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

- CSILLAG, PAULA. **Comunicação com Cores: uma abordagem científica pela percepção visual**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015.
- CUNHA, L.M. da; **Reconhecimento de adulterações em imagens digitais: uma abordagem passiva**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016
- DIAS, N.L.P.; OLIVEIRA, E.J. de; DANTAS, J.L.L. **Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, 2011.
- FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. **Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF**. Revista brasileira de fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.3, 2001.
- FAO. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acessado em: out/2017
- FERREIRA, M. D. **Tecnologia pós colheita em frutas e hortaliças**, Embrapa instrumentação, São Paulo, 2011
- FIGUEIREDO NETO, A.; OLIVIER, N. C.; ROJAS, A. B. G.; SILVA, J. C.; PADILHA, C. **Avaliação pós-colheita de mamão variedade 'formosa' submetido a danos mecânicos e ensaios de compressão durante o armazenamento**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.22, n.2, 2013.
- GOMES, J.; VELHO, L. **Série de computação e matemática. Fundamentos da computação Gráfica**. Rio de Janeiro: IMPA, 2003.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento digital de imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.; EDDINS, S. L. **Digital Image Processing Using Matlab**. 2009
- INIESTRA-GONZÁLEZ, J. J.; LINO-LÓPEZ, G. J.; PAULL, R. E.; DE LA ROSA, A. P. B.; MANCILLA MARGALLI, N. A.; SAÑUDO-BARAJAS, A. J.; IBARRA JUNQUERA, V.; CHEN, N. J.; HERNÁNDEZ-VELASCO, M. Á.; OSUNACASTRO, J. A. **Papaya endoxylanase biochemical characterization and isoforms expressed during fruit ripening**. Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v.81, 2013.
- JANEDY, S. **Probabilistic linguistics**. Cambridge, MA: MIT Press. 2003.
- JPE. Disponível em: <www.jpeg.org> Acessado em: jan/2018
- KADER, A. A. **Postharvest Biology and Technology: An overview**. Postharvest Technology of Horticultural Crops. ed. 3., 2002.

- KRONGYUT, W. ; SRILAONG, V. ; UTHAIRATANAKIJ, A.; WONGS-AREE, C.; ESGUERRA, E. B.; KANLAYANARAT, S. **Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1-methylcyclopropene.** International Food Research Journal, Selangor, v.18, n.4, 2011.
- LUCENA, C. C. de. **Documentos Polos de produção de mamão no Brasil.** Embrapa. Cruz das Almas- BA, 2016.
- MARCELLIN, M. **An overview of JPEG-2000.** Data Compression Conference, Citeser, 2000.
- MARENGONI, M.; STRINGHINI, D.; **Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV.** Revista de Informática Teórica e Aplicada, vol 16, 2009.
- MARQUES, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento Digital de Imagens,** Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- MORAIS, P. L. D. DE; SILVA, G.G.; MENESES, J. B.; MAIA, F. E. N.; DANTAS, D. J.; SALES JUNIOR, R. **Pós-colheita de mamão híbrido uenf/caliman 01 cultivado no rio grande do norte.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.29, n.3, 2007.
- NEVES, L.C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira.** Londrina: EDUEL, 2009
- OLIVEIRA, E.J. de; COSTA, J.L.; SANTOS, L.F. dos; CARVALHO, F.M.; SILVA, A.S.; DANTAS, J.L.L. **Molecular characterization of papaya genotypes using AFLP markers.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.33, 2011.
- OLIVEIRA, M.A. B. DE; VIANNI, R.; SOUZA, G.DE; ARAÚJO, T. M. DE R. **Caracterização do estágio de maturação do papaia 'golden' em função da cor.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, 2002.
- PANIGRAHI, S.; GUNASEKARAN, S. **Computer vision.** In: GUNASEKARAN, S. (Ed.). Nondesctuctive food evaluation: techniques to analyze properties and quality. New York, 2001.
- PEDRINI, H., SCHWARTZ, W.R. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações.** Thompson Learning Eds. São Paulo, 2008
- PEGO, J. N.; AMBROSIO, M.; NASCIMENTO, D. S.; FACHI, L. R.; KRAUSE, W. **Conservação pós-colheita de mamão 'Sunrise Solo' com revestimento comestível a base de fécula de mandioca.** Enciclopédia biosfera, Centro científico conhecer, v.11 n.21, Goiânia, 2015.
- PINTO, L. K. DE A.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D. DE; THIÈBAUT, J. T. L.; **Atividade da pectina metilesterase e da β -galactosidade durante o**

- amadurecimento do mamão cv. Golden.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 713-722, Setembro 2011
- RIBEIRO, M.D. **Estudos preliminares do comportamento do mamão Formosa armazenado em condições ambientais.** Monografia (Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2002.
- RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. DA S. **Mamão: Fitossanidade.** Cruz das Almas: EMBRAPA, 2000.
- ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. DE C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H DE S.; SILVA, E. DE O. **Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 27, n. 3, 2005.
- RODRIGUES, J. C.; FILHO, J. M. L.; JORGE, L. A. DE C. **Análise de qualidade de frutas por imagens multiespectrais.** Rev. Científica Eletrônica UNISEB, Ribeirão Preto, v.1, n.1, jan./jun.2013.
- RODRIGUES, J. C.; LAVOIER FILHO, J. M.; JORGE, L. A. de C. **Análise de qualidade de frutas por imagens multiespectrais.** Revista Científica Eletrônica UNISEB, Ribeirão Preto, v.1, n.1, jan./jun.2013
- SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. **Genótipos melhorados de mamão (*Carica Papaya L.*): Avaliação sensorial e físico-química dos frutos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2004.
- SILVA, R. V. **Identificação de defeitos superficiais em Tomates (*solanum lycopersicum*) utilizando técnicas de processamento de imagens.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.
- SILVA, V. T. DA; MARTINS, D. R; RESENDE, E. D. **Avaliação da escala de cor da casca do mamão por análise de imagem.** 31ª reunião anual da sociedade brasileira de química. São Paulo, 2008.
- SILVA, W.; FERREGUETTI, G. A.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E.R. **Dimensionamento amostral para frutos do mamoeiro 'Golden THB' destinados ao mercado nacional e à exportação.** Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 2, 2017.
- SOUZA, A. F.; SILVA, W. B. da; GONÇALVES, Y. S.; SILVA, M. G. da; OLIVEIRA, J. G. **Fisiologia do amadurecimento de mamões De variedades comercializadas no Brasil.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 2, Junho, 2014.
- SOUZA, G. de. **Características físicas, químicas e sensoriais do fruto de cinco variedades de mamoeiro (*Carica papaya L.*) cultivadas em Macaé-RJ.** Campos dos Goytacazes, 1998.

SPINOLA, V.; BERTA, B.; CÂMARA, J. S.; CASTILHO, P. C. **Effect of Time and Temperature on Vitamin C Stability in Horticultural Extracts. UHPLC-PDA vs. Iodometric Titration as Analytical Methods.** LWT - Food Science and Technology, Londres, v. 50, n. 2, 2013.

WERNER, S. S.; COELHO, S. R. M.; PONCIO, A. P.; FERREIRA, L.; **Utilização de imagens digitais pra avaliação da coloração de banana prata submetida a diferentes tratamentos pós-colheita.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 2, abr./jun. 2009.

ZERPA-CATANHO, D. **Transcription analysis of softening-related genes during postharvest of papaya fruit (Carica papaya L. 'Pococi' hybrid).** Postharvest Biology and Technology, San Pedro, Costa Rica, 2017.