



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**SUELLEN ARLANY SILVA GOMES**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE POLPA DE MANGA**  
**(*Mangífera indica* L. var. *Tommy Atkins*) COM O USO DE SUPERFÍCIE DE**  
**RESPOSTA E ESTUDO CINÉTICO**

**GARANHUNS - PE**

**2019**

**SUELLEN ARLANY SILVA GOMES**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE POLPA DE MANGA  
(*Mangífera indica* L. var. *Tommy Atkins*) COM O USO DE SUPERFÍCIE DE  
RESPOSTA E ESTUDO CINÉTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Alimentos.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Suzana Pedroza da Silva

**Co-orientador:** Prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sales Filho

**GARANHUNS - PE**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

G633o Gomes, Suellen Arlany Silva

Otimização do processamento mínimo de polpa de manga  
(*Mangífera indica* l. var. *tommy atkins*) com o uso de superfície  
resposta e estudo cinético / Suellen Arlany Silva Gomes. - 2019.

74 f.

Orientador(a): Suzana Pedroza da Silva  
Coorientador: Romero Luiz Mendonça Sales Filho  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia  
de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Engenharia de Alimentos, Garanhuns, BR - PE,  
2019.

Inclui referências

1. Ácido ascórbico 2. Alimentos - Teor calorico 3. Refrigeração  
I. Silva, Suzana Pedroza, orient. II. Sales Filho, Romero Luiz  
Mendonça III. Título

CDD 613.23

**SUELLEN ARLANY SILVA GOMES**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE POLPA DE MANGA  
(*Mangífera indica* L. var. *Tommy Atkins*) COM O USO DE SUPERFÍCIE DE  
RESPOSTA E ESTUDO CINÉTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Suzana Pedroza da Silva  
Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
(Presidente)

---

Prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sales Filho  
Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
(Examinador)

---

Prof. Dr. Marteson Cristiano dos Santos Camelo  
Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
(Examinador)

*"Lembre da minha ordem: Seja forte e corajoso, porque eu, o senhor, o seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for!" (Josué 1:9)*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a nossa senhora Aparecida, por sempre estarem comigo, e me dar forças nos momentos difíceis, esperança e saúde para mim e minha família, e me proporcionar a realizar meus sonhos e pela dádiva de minha vida.

Agradeço a minha família pelo amor e apoio incondicional, em especial a minha mãe Adeilma pelos conselhos e apoio em todos os momentos da minha vida, e por fazer o sonho dela de ter um filho formado na faculdade virar meu sonho de poder realizar o sonho dela.

Agradeço a meu pai Sebastião, meu avô Otávio e minha avó Severina, por me ensinarem a ser guerreira, honesta, humilde e grata por tudo que tenho.

Agradeço aos meus irmãos Samuel, Sara, Mateus e Suedson, que apesar das brigas sempre me fizeram sorrir nos momentos mais difíceis.

Agradeço às minhas amigas que compartilharam a casa do estudante comigo, Rosi, Gorete, Elaine, Delmira, Silvânia, Érica, Patrícia, Guilhermina, Tarcila entre outras que sempre estiveram me fazendo rir mesmo quando não tinha mais forças.

Agradeço aos meus super amigos Cinara, Renato, Thayná e Dayane por sempre estarem comigo e pelo apoio nos momentos ruins e bons.

Agradeço à minha orientadora Profa Dra Suzana Pedroza, por tudo, não só pela aprendizagem científica, mas também por ser uma ótima amiga e me encaminhar para o caminho certo.

Agradeço ao meu Co-orientador Romero, pelo compartilhamento do conhecimento em outra área, ampliando e aplicando a teoria á adquirida.

Agradeço aos meus colegas de outras turmas, Pedro, Marcelo, Angélica, Venâncio, pelos conselhos e dicas de provas, e aos meus professores Caio, Hudson, Luciano, Sansuke e Marteson, representando os demais professores pelo aprendizado, conhecimento e compartilhamento de sonhos.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura de armazenamento, concentração de ácido ascórbico e cloreto de cálcio na conservação e qualidade nutricional da polpa da *Mangífera Indica* L. var. Tommy Atkins minimamente processada a partir de parâmetros físico-químicos a polpa da manga minimamente processada em função do tempo na condição otimizada do processo; a partir do uso de superfície de resposta e estudo cinético. As mangas foram adquiridas no comércio local de Garanhuns-PE. Foram lavadas em água corrente, sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio de concentração 100 ppm; descascadas com facas de aço inoxidável e em seguida cortadas. Foram selecionados a concentração da solução de ácido ascórbico e cloreto de cálcio, em seguida, foram acondicionados em embalagens transparentes de polietileno com tampa e armazenadas sob refrigeração para determinar a melhor temperatura por oito dias de armazenamento, em duplicata. As análises realizadas foram: teor de umidade, perda de massa fresca, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, atividade de água, açúcares redutores e cor. Para identificação de quais variáveis influenciam no processamento mínimo foi utilizado o software Statistic® 7.0, para verificar a significância pelo gráfico de Pareto e a região otimizada pela superfície de resposta e em seguida determinado o estudo cinético através de regressão linear usando o software Excel. Os resultados processados pelo programa computacional foram representados em uma tabela contendo os resultados dos gráficos de Pareto, as superfícies de respostas e os gráficos da cinética. A partir da análise estatística foi possível observar que os fatores temperatura, concentração da solução de ácido ascórbico e concentração da solução de cloreto de cálcio proporcionam alterações na conservação no valor nutricional e da qualidade pelos parâmetros pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, e cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). Foram feitas essas análises em triplicata a cada 48 horas durante oito dias para determinação das equações de cinética de degradação e suas respectivas constantes. A partir das ferramentas gráfico de Pareto, superfície de resposta e estudo cinético foi verificado que as melhores condições para um melhor valor nutricional do processamento mínimo da manga Tommy Atkins é a temperatura de 2 °C, a concentração de cloreto de cálcio de 2 % e a concentração de ácido ascórbico 2 %.

**Palavras-chave:** Ácido ascórbico, cloreto de cálcio, estudo cinético, refrigeração e superfície de resposta.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of storage temperature, concentration of ascorbic acid and calcium chloride on the conservation and nutritional quality of *Mangifer Indica* L. var. Tommy Atkins minimally processed from physicochemical parameters the minimally processed mango pulp as a function of time in the optimized process condition; from the use of response surface and kinetic study. The mangoes were purchased from the local Garanhuns-PE trade. They were washed in running water, sanitized with 100 ppm sodium hypochlorite solution; peeled with stainless steel knives and then cut from planning 2<sup>3</sup>. The concentration of the ascorbic acid and calcium chloride solution was selected, then packaged in clear polyethylene capped containers and stored under refrigeration to determine the best temperature for eight days of storage, in duplicate. The analyzes were: moisture content, fresh mass loss, total soluble solids, pH, total titratable acidity, water activity, reducing sugars and color. To identify which variables influence the minimum processing, the Statistic® 7.0 software was used to verify the significance by the pareto graph and the region optimized by the response surface and then to determine the kinetic study using linear regression using Excel software. The results processed by the computer program were represented in a table containing the Pareto graph results, the response surfaces and the kinetic graphs. From the statistical analysis it was possible to observe that the factors cut, temperature, concentration of ascorbic acid solution and concentration of calcium chloride solution alter the conservation in the nutritional value and quality by the parameters pH, total titratable acidity, total soluble solids, and color (L \*, a \* and b \*). These analyzes were performed in triplicate every 48 hours for eight days to determine the degradation kinetics equations and their constants. From the Pareto graphing, response surface and kinetic study tools it was found that the best conditions for a better nutritional value of the Tommy Atkins mango minimum processing is 2 ° C, 2% calcium chloride and the concentration of ascorbic acid 2%.

**Keywords:** Ascorbic acid, calcium chloride, kinetic study, refrigeration and response surface.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO II

- Figura 1** - Cortes fatias de 0,5 x 8,0 x 2,0 cm da polpa da manga Tommy Atkins utilizados para a produção do fruto minimamente processado. 32
- Figura 2**- Superfícies Lineares de resposta do Parâmetro pH. A) Variável dependente: pH, variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: pH, variáveis independentes: Temperatura e concentração cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. 42
- Figura 3**- Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro acidez total titulável. A) Variável dependente: acidez total titulável (ATT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: acidez total titulável (ATT), variáveis independentes: Concentração Cloreto de Cálcio e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. C) Variável dependente: acidez total titulável (ATT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e Cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. 42
- Figura 4**- Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro sólidos solúveis totais. A) Variável dependente: sólidos solúveis totais (STT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: sólidos solúveis totais (STT), variáveis independentes: Concentração cloreto de Cálcio e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. C) Variável dependente sólidos solúveis totais (STT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e Cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. 45
- Figura 5**- Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro Luminosidade. A) Variável dependente: Luminosidade ( $L^*$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: Luminosidade ( $L^*$ ), variáveis independentes: Concentração cloreto de cálcio e temperatura e a equação gerada a partir da otimização. C) Variável dependente: Luminosidade ( $L^*$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. 48
- Figura 6**- Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro Luminosidade. A) Variável dependente: cor ( $a^*$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: cor ( $a^*$ ), variáveis independentes: Concentração Cloreto de Cálcio e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. C) Variável dependente: cor

(\*a), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e Cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. 49

**Figura 7-** Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro Luminosidade. A) Variável dependente: cor (\*b), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: cor (\*b), variáveis independentes: Concentração cloreto de cálcio e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. C) Variável dependente: cor (\*b), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização. 52

**Figura 8-** Equação de regressão e coeficiente de determinação pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias. 55

**Figura 9-** Equação de regressão e coeficiente de determinação da acidez total titulável (ATT) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias. 55

**Figura 10-** Equação de regressão e coeficiente de determinação de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias. 56

**Figura 11-** Equação de regressão e coeficiente de determinação do parâmetro cor (L\*) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias. 57

**Figura 12-** Equação de regressão e coeficiente de determinação do parâmetro cor (a\*) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias. 58

**Figura 13-** Equação de regressão e coeficiente de determinação do parâmetro cor (b\*) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias. 58

**Figura 14-** ANOVA do parâmetro pH 68

**Figura 15-** ANOVA do parâmetro acidez total titulável (ATT) 68

**Figura 16-** ANOVA do parâmetro sólidos solúveis totais (SST) 68

**Figura 17-** ANOVA do parâmetro cor (L\*) 68

**Figura 18-** ANOVA do parâmetro cor (a\*) 69

**Figura 19-** ANOVA do parâmetro cor (b\*) 69

<b>Figura 20-</b> Superfícies de contorno pH	69
<b>Figura 21-</b> Superfícies de contorno acidez total titulável (ATT)	70
<b>Figura 22-</b> Superfícies de contorno sólidos solúveis totais (SST)	72
<b>Figura 23-</b> Superfícies de contorno parâmetro luminosidade (L*)	73
<b>Figura 24-</b> Superfícies de contorno parâmetro cor (a*)	74
<b>Figura 25-</b> Superfícies de contorno parâmetro cor (b*)	76

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1</b> - Parâmetros e Níveis do Planejamento Fatorial – Processamento mínimo da <i>Mangífera Indica</i> L.	32
<b>Tabela 2</b> - Planejamento Experimental – Processamento mínimo da <i>Mangífera Indica</i> L. var. Tommy Atkins.	33
<b>Tabela 3</b> - Análises físico-químicas da manga Tommy Atkins minimamente processada.	38
<b>Continuação: Tabela 3</b> - Análises físico-químicas da manga Tommy Atkins minimamente processada.	38
<b>Tabela 4</b> - Resultados do Gráfico de Pareto em forma de tabela com os efeitos principais e de interação entre variáveis do planejamento fatorial completo com ponto central, com significância (p) menor que 0,05. Estimativa dos efeitos para: Umidade (%), Perda de massa fresca (PM(%)), atividade de água (Aw), pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (STT), parâmetros cor L*, a*, b* e açúcares redutores.	39
<b>Tabela 5</b> - Ordem de reação e constante de velocidade da reação para as amostras analisadas.	59

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>17</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>17</b>
3.1.2 Manga minimamente processada	17
3.1.3 Fatores que interferem na conservação dos produtos minimamente processados	18
3.2 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS	19
3.3 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS	19
3.3.1 Planejamento fatorial de experimentos	20
3.3.2 Diagrama de Pareto	21
3.3.3 Superfície de resposta	22
3.3.4 Cinética de degradação	23
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>26</b>
<b>APLICAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E ESTUDO CINÉTICO</b>	<b>26</b>
<b>PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE POLPA DE MANGA</b> <b>(Mangífera indica L. var. Tommy Atkins)</b>	<b>26</b>
<b>RESUMO</b>	<b>26</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>27</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>27</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>29</b>
2.1. COLETA DAS AMOSTRAS E PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS	29
2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MANGAS MINIMAMENTE PROCESSADAS	31

<b>2.2.1. Perda de massa fresca</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2. Teor de umidade</b>	<b>32</b>
<b>2.2.3. Atividade de água</b>	<b>32</b>
<b>2.2.4. Determinação de pH</b>	<b>32</b>
<b>2.2.5. Acidez Total Titulável</b>	<b>33</b>
<b>2.2.6. Sólidos Solúveis Totais</b>	<b>33</b>
<b>2.2.7. Açúcares redutores</b>	<b>33</b>
<b>2.2.8. Análise de Cor</b>	<b>33</b>
2.3. ANÁLISES DOS DADOS	33
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>34</b>
3.1. GRÁFICOS DE PARETO	34
3.2. SUPERFÍCIE DE RESPOSTA	35
3.3 DEGRADAÇÃO CINÉTICA	53
<b>4. CONCLUSÕES</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO I- ANOVA</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO II- Gráficos de contorno das superfícies de resposta</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A manga é uma das frutas frescas mais exportadas e produzidas no Brasil, sendo atualmente, a manga Tommy Atkins (*Mangífera indica* L.) a variedade mais produzida no país. É uma fruta tropical de grande aceitação pelos consumidores, devido às suas características exóticas e composição nutricional. Mesmo assim, o consumo ainda é considerado pequeno, podendo ser ampliado se utilizada de formas variadas, aumentando seu grau de conveniência.

Produtos minimamente processados são produtos que passaram por pequenos processos como limpeza, corte e descascamento, os quais mudaram suas características físicas original, mas mantém seu estado fresco e suas características químicas, microbiológicas e enzimáticas. A manga minimamente processada seria uma alternativa de conveniência nova no mercado.

Entretanto, o processamento mínimo provoca o aumento da taxa respiratória devido ao aumento da produção de etileno, desencadeando uma série de reações químicas e bioquímicas que resultam em alterações na qualidade sensorial e nutricional dos produtos.

Uma maneira de reduzir esse problema nos produtos minimamente processados é utilizando inibidores como o ácido ascórbico e o cloreto de cálcio, para prevenir o escurecimento e a qualidade e aumento da vida útil das frutas, respectivamente, reduzindo perdas pós-colheita, produção de etileno, e taxa de senescência. Além disso, baixas temperaturas reduzem o metabolismo e a taxa de respiração dos frutos, além de retardarem outros processos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos causadores da deterioração.

Logo, faz-se necessário o desenvolvimento e otimização dos processos para que este possa ser realizado com mais eficiência e eficácia. Uma das formas de se alcançar esta meta é a realização de estudos com as variáveis: temperatura de armazenamento, concentração de conservantes e de inibidores enzimáticos, além da descrição de modelos cinéticos os quais levem a melhor condição do processo, melhor custo benefício com seguridade alimentar e manutenção do valor nutricional. Porém, apesar dos benefícios trazidos pelo processamento mínimo o mesmo promove a exposição da polpa do fruto, intensificando as reações de enzimáticas.

Nesse contexto, os estudos sobre os efeitos da utilização de agentes químicos inibidores do escurecimento são de grande importância, podendo revelar que esses

compostos podem ser utilizados sem que tragam danos aos produtos. Um planejamento de experimentos sistematiza as variáveis em estudo e proporciona respostas em menor tempo, minimizando o número de tentativas e erros, destacando-se os planejamentos fatoriais.

Neste trabalho, no primeiro capítulo é realizada uma revisão bibliográfica dos assuntos pertinentes ao trabalho de maneira geral. No segundo capítulo foi realizada a otimização do processo a partir do planejamento de experimentos, com análises de superfície de resposta determinando a partir da região ótima os melhores valores das variáveis: concentração de ácido ascórbico, cloreto de cálcio e temperatura de refrigeração, para em seguida ser determinada a cinética de degradação da manga minimamente processada a cada 48 horas durante oito dias de armazenamento sob refrigeração. Obtendo informações quanto às melhores condições de processamento, armazenamento, distribuição e aperfeiçoamento da cadeia logística da manga minimamente processada.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito da temperatura de armazenamento, concentração de ácido ascórbico e cloreto de cálcio na conservação e qualidade nutricional da polpa da *Mangífera Indica* L. var. *Tommy Atkins* minimamente processada.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a melhor temperatura de armazenamento da polpa da manga minimamente processada;
- Determinar a melhor concentração de ácido ascórbico e cloreto de cálcio da polpa da manga para serem minimamente processadas;
- Caracterizar a partir de parâmetros físico-químicos a polpa da manga minimamente processada em função do tempo na condição otimizada do processo; a partir do uso de superfície de resposta e estudo cinético.

## CAPÍTULO I

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

##### 3.1.1 Definição e mercado

Produtos minimamente processados são produtos pré-preparados por meio de pequenos processamentos como descascamento, corte, sanitização e métodos de conservação do fruto como adição de inibidores e temperaturas baixas, para manter o produto no estado fresco (GOMES, 2005). A finalidade desses produtos é oferecer ao consumidor final frutas ou hortaliças com qualidade alimentar, com suas características nutricionais, físicas, químicas e biológicas semelhantes ao produto original, ou seja, ao produto *in natura* que lhe deram origem (VASCONCELOS, 2005).

Os produtos minimamente processados são desenvolvidos principalmente com finalidades industriais, no qual o maior mercado é para frutas e hortaliças minimamente processadas, principalmente por mercados institucionais e por consumidores individuais, em virtude de mudanças no estilo de vida e das novas tendências associadas à saúde (GOMES, 2005). O termo processamento mínimo está relacionado com frutas e hortaliças que sofreram alterações fisiológicas como descasque, corte, fatiamento, trituração em condições rigorosas de sanitização (MORETTI, 2007). De modo que, os vegetais minimamente processados sofrem alterações fisiológicas, mas mantém seu estado fresco bem como suas atividades metabólicas.

O mercado de processamento mínimo no Brasil é um nicho que está em crescimento, apesar desse tipo de mercado ser recente é um produto com maior valor agregado quando comparado a matéria-prima *in natura*. Além disso, apresenta vantagens como a conveniência e 100% do aproveitamento do produto adquirido. A venda de frutas, legumes e hortaliças minimamente processadas nas grandes redes de supermercados chegam a ser de 10% a 13% do faturamento total (SATO, 2006).

##### 3.1.2 Manga minimamente processada

O Brasil caracteriza-se como um dos três maiores produtores de frutas frescas do mundo, e é um dos maiores produtores e exportadores de manga, sendo atualmente, a manga Tommy Atkins (*Mangífera indica* L.) a variedade mais produzida no Brasil (FURLANETO, 2015).

A manga, *Mangífera indica* L., é uma espécie de origem asiática produzida nas regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo, comercializada mais comumente *in natura* (ALVES *et al.* 2002). Dentre suas variedades, a Tommy Atkins de origem norte americana apresenta maior participação no mercado mundial, devido a sua produção em alta escala e resistência ao período de transporte (SEBRAE NACIONAL, 2016).

As mangas muito maduras não têm grande aceitação no mercado onde, os frutos que se encontram em estado de maturação “de vez” são os mais procurados. Alternativas de processamento que auxiliem na conveniência na obtenção dos frutos maduros possibilitam uma redução nas perdas aumentando a possibilidade de comercialização (MORETTI, 2007).

### **3.1.3 Fatores que interferem na conservação dos produtos minimamente processados**

Um dos maiores problemas, em frutas minimamente processadas é a manutenção da cor por períodos prolongados, cujo escurecimento é resultado da degradação da antocianina pela ação de enzimas oxidativas, como polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e ácido ascórbico oxidase, uma maneira de prevenir esse escurecimento nos alimentos é com a imersão do mesmo em uma solução com ácido ascórbico (SILVA, 2010).

Quando ocorre carência de cálcio na horticultura, acontecem algumas desordens fisiológicas, as quais atuam no fortalecimento da parede celular a partir da formação de ligações cruzadas entre ácidos pécticos e polissacarídeos, estabilizando a estrutura da parede e da membrana celular por meio da formação de uma rede de pectina envolvendo pontes de cálcio dos grupos carboxílicos não esterificados, dificultando o acesso e, interferindo na atividade das enzimas hidrolíticas, como a pectinametilesterase, influenciando na firmeza do fruto. Logo, o tratamento com cálcio auxilia na qualidade e aumento da vida útil das frutas, reduzindo perdas pós-colheita, produção de etileno, e taxa de senescência, onde entre os inúmeros sais de cálcio disponíveis no mercado, o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) tem sido amplamente utilizado como um agente capaz de promover manutenção da firmeza e preservação de frutas e vegetais, seja intactos ou minimamente processados (SILVA, 2014).

Um dos fatores que auxiliam na manutenção da qualidade e na segurança do alimento minimamente processado é a refrigeração, que quando adequada junto com a

embalagem e a sanitização, reduz o crescimento de microrganismos deteriorantes e/ou patogênicos. Logo, as preocupações relacionadas aos alimentos minimamente processados incluem variações na qualidade e vida de prateleira, necessidade de um controle rígido de temperatura, sanitização, eficiente e manutenção da qualidade do produto, em relação ao sabor e aroma e ao valor nutricional (CENCI *et al.*, 2006).

### 3.2 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS

A otimização é utilizada para aplicar pequenas melhorias no processo, permitindo que atinja ganhos de eficiência nos processos (VIANA, 2017). Logo, o objetivo da otimização de processos é alcançar as metas traçadas pelas empresas produzindo o máximo com o mínimo possível de recursos, de modo que a qualidade do produto final e a eficiência de produção estejam garantidas (FABRICIO, 2018).

É preciso mapear os processos, propor mudanças baseadas na análise prévia e controlar as mudanças realizadas, logo a otimização se torna indispensável (LEMOS, 2015).

O mapeamento do processo produtivo permite avaliar quais atividades consomem mais recursos e quais agregam valor ao produto final, deste modo, identificam-se as etapas do processo que atuam como obstáculos para o desenvolvimento da empresa dificultando o alcance dos objetivos esperados. A otimização ocasiona a retirada das etapas que tem impacto negativo no processo, tornando as atividades mais enxutas e objetivas eliminando atividades repetitivas (CEZANNE, 2017). Os métodos de controle estatístico do processo e o planejamento experimental são ferramentas muito poderosas para a melhoria e otimização dos processos (MONTGOMERY, 2004).

### 3.3 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Entender claramente os objetivos de realizar um experimento é fundamental para o sucesso do planejamento de experimentos. Através do planejamento de experimentos, se pode determinar as variáveis que exercem maior influência no desempenho de um determinado processo, tendo como resultado: redução da variação do processo, melhor concordância entre os valores nominais obtidos e os pretendidos; redução do tempo do

processo; redução do custo operacional e melhoria no rendimento do processo (BARROS NETO, SCARMINIO; BRUNS, 1996).

Os métodos básicos usados para realizar um eficiente planejamento experimental têm como objetivos: a seleção do melhor modelo entre uma série de modelos plausíveis e de estimação eficiente de parâmetros do modelo selecionado, tal como um planejamento fatorial de experimentos. Todo planejamento experimental começa com uma série inicial de experimentos, com o objetivo de definir as variáveis e os níveis importantes, estas podem ser variáveis qualitativas e/ou quantitativas (BARROS NETO, SCARMINIO; BRUNS, 1996).

Podemos então dizer que uma pesquisa científica estatisticamente planejada consiste nas seguintes etapas que dependem diretamente do objetivo do trabalho a ser desenvolvido (MARINHO, 2005):

- Enunciado do problema com formulação de hipóteses;
- Escolha dos fatores (variáveis independentes) que devem ser incluídos no estudo;
- Escolha da unidade experimental e da unidade de observação;
- Escolha das variáveis que serão medidas nas unidades de observação;
- Determinação das regras e procedimentos pelos quais os diferentes tratamentos (combinação de níveis de fatores) são atribuídos às unidades experimentais (ou vice-versa);
- Análise estatística dos resultados;
- Relatório final contendo conclusões com medidas de precisão das estimativas, interpretação dos resultados com possível referência a outras pesquisas similares.

### **3.3.1 Planejamento fatorial de experimentos**

Quando há necessidade de definir os fatores mais importantes e verificar os efeitos sobre cada variável resposta escolhida, o planejamento fatorial entra como etapa inicial do planejamento experimental (GALDAMEZ, 2002).

Para elaborar um planejamento fatorial precisamos em primeiro lugar especificar os níveis em que cada fator será estudado, isto é, os valores dos fatores (ou as versões, nos casos qualitativos) que serão empregados nos experimentos. Cada um desses experimentos,

em que o sistema é submetido a um conjunto de níveis definido, é um ensaio experimental. Em geral, se houver  $n_1$  níveis do fator 1,  $n_2$  do fator 2, ..., e  $n_k$  do fator k, o planejamento será um fatorial  $n_1 \times n_2 \times \dots \times n_k$ . Isto não significa obrigatoriamente que serão realizados apenas  $n_1 \times n_2 \times \dots \times n_k$  experimentos. Este é o número mínimo, para se ter um planejamento fatorial completo. O experimentador pode querer repetir ensaios, para ter uma estimativa do erro experimental, e nesse caso o número de experimentos será maior (MARINHO, 2005).

Para verificar o efeito do fator sobre a resposta é preciso fazê-lo variar e observar o resultado dessa variação. Isso implica na realização de ensaios em pelo menos dois níveis desse fator. Um planejamento em que todas as variáveis são estudadas em apenas dois níveis é, o mais simples de todos eles. Havendo k fatores, isto é, k variáveis controladas pelo experimentador, o planejamento de dois níveis irá requerer a realização de  $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$  ensaios diferentes, sendo chamado por isso de planejamento fatorial  $2^k$ . (MARINHO, 2005).

### **3.3.2 Diagrama de Pareto**

Cada vez mais as técnicas analíticas multivariadas estão sendo largamente aplicadas na indústria, governo e nos centros de pesquisas universitários. A análise multivariada refere-se a métodos estatísticos que analisam simultaneamente múltiplas medidas em cada indivíduo ou objeto de investigação. Algumas técnicas multivariadas são simplesmente ampliações de análises univariadas e bivariadas, onde todas as variáveis são aleatórias e inter relacionadas de tal forma que seus diferentes efeitos não podem ser interpretados de maneira significativa. Separadamente, a característica multivariada repousa nas múltiplas combinações de variáveis e não somente sobre o número de variáveis ou observações (VIALI, 2019).

O diagrama de Pareto é uma técnica multivariada que permite verificar a sensibilidade dos parâmetros estudados sobre a resposta de interesse e permite indicar quais parâmetros e interações têm influências significativas sobre cada variável resposta considerada, tornando-se visível a relação ação/benefício, priorizando a ação que trará o melhor resultado. O diagrama consiste num gráfico de barras, o que permite a localização de problemas vitais e a eliminação de perdas (BARBOSA, 2009).

### 3.3.3 Superfície de resposta

O objetivo da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) é a otimização da resposta da modelagem e análise de problemas nos quais a variável resposta é influenciada por vários fatores (COMPARINI *et al.*, 2019).

A MSR é considerada uma ferramenta eficiente para otimizar as propriedades de alimentos processados. Baseia-se na variação simultânea de vários fatores (variáveis independentes), previamente selecionados por sua influência nas propriedades do processo (variáveis dependentes ou respostas). Utilizando técnicas matemáticas e estatísticas, os resultados experimentais indicam uma combinação de níveis dos fatores dentro de uma região ótima (GRIZOTTO *et al.*, 2005).

MSR é um conjunto de técnicas estatísticas usadas para analisar problemas com variáveis independentes contínuas em relação a variável aleatória cujo objetivo é buscar a combinação dos fatores que otimizam a resposta (ZORDAN, 2014). É usado quando:

- Fixa-se um fator A e varia-se o outro B;
- Fixa-se B onde a resposta é máxima e varia-se A;
- Variando os dois fatores conjuntamente.

A modelagem é usada para estabelecer a relação entre a variável resposta e a(s) variável (is) independente(s), pois em geral esta não é conhecida e precisa de aproximação.

O procedimento sequencial é verificado através de outros métodos estatísticos como ANOVA e Pareto que verificam pela significância a distância para o valor ótimo e então determinar o tipo de modelo se é de primeira ou segunda ordem. Se houver significância entre as variáveis de interação modelo de segunda ordem, se for apenas entre as variáveis individuais modelo de primeira ordem.

### 3.3.4 Cinética de degradação

Sabendo que o conhecimento quanto ao mecanismo e cinética dessas reações deteriorantes é de extrema importância na determinação das melhores condições de processamento e armazenamento destes produtos. A complexidade das reações que podem ser de origem microbiológica, físicas e químicas e que ocorrem simultaneamente nesses

alimentos, torna impossível a determinação de um modelo matemático universal, sendo necessária para a construção desse modelo a adoção de condições mais próximas possível das condições naturais (AZEREDO *et al.*, 2012).

O acompanhamento das variações nas concentrações dos componentes permite a determinação da ordem de reação e da constante de proporcionalidade entre a taxa de reação e a concentração dos reagentes. A partir destes parâmetros é possível determinar, por exemplo, o tempo de meia vida, fator importante na estimativa da vida de prateleira do produto (AZEREDO *et al.*, 2012).

Em adição a previsão quanto à vida de prateleira dos alimentos, o conhecimento dos parâmetros cinéticos permite ainda obter informações quanto às melhores condições de processamento, armazenamento, distribuição e aperfeiçoamento da cadeia logística desses produtos (MUNHOZ, 2016).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.E.; DURIGAN, J.F.; DONADON, J.R.; PINTO, S.A.A.; MACHADO, F.L. de C.; BASTOS, M. do S. R. Tecnologia de processamento mínimo de manga e melão. Seminário Internacional de Pós-Colheita e Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. **Anais...** EMBRAPA Hortaliças. Brasília, DF. 2002. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br>> Acesso em: 28/02/2019.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos.** ed.2, EMBRAPA, Brasília, DF, 2012.

BARBOSA, J.M.D., **Dissertação de mestrado**, PPGC/UFN, p.1-118, Junho de 2009.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos.** 2.ed. Editora da Unicamp, 1996.

CENCI, S.A.; GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; JUNIOR, M.F.. Boas práticas de processamento mínimo de vegetais na Agricultura Familiar. **Recomendações básicas para aplicação das Boas práticas Agropecuárias e de fabricação na Agricultura familiar.** 1º ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2006, v.2, p.59-63.

CEZANNE, H.R.: **Benefícios da Otimização de processos nas Empresas.** Disponível em: <https://cezanne.com/br/hr-blog/2017/04/beneficios-da-otimizacao-de-processos-nas-empresas/>. Acesso em: 20/11/2019.

COMPARINI, Anaisa, et al. Metodologia de superfície de resposta: uma introdução nos softwares R e STATISTICA. 2012.

GALDÁMEZ, E.V.C. Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos na melhoria da qualidade de um processo de fabricação de produtos plásticos. **Tese de mestrado.** Universidade de São Paulo. São Carlos/SP. pág. 1-133, 2002.

GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; JUNIOR, M.F; CENCI, S. A. Hortaliças minimamente processadas. **EMBRAPA.** Brasília, DF. 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/114310/1/00076170.pdf>. Acesso em 07/02/2019.

GRIZOTTO, R.K. BRUNS, R.E. AGUIRRE, J.M. BATISTA, G. Otimização via metodologia de superfície de respostas dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir de polpa concentrada de mamão **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 25(1): 158-164, jan.-mar. 2005.

FABRICIO: **Como Planejar e Executar a Otimização de Processos na Sua Empresa.** Disponível em: <https://helioprint.com.br/blog/otimizacao-de-processos>. Publicado em: 23 de janeiro de 2018. Acesso em: 20/11/2019.

FURLANETO, F.de P.B.; SOARES, A.de A. U.L.; BERTANI, R.M. de A. Caracterização técnica e econômica da manga "tommy atkins". **Revista: Pesquisa e tecnologia**, v.12, n.2, jul-dez 2015.

MARINHO, Mary RM; CASTRO, W. B. Planejamento fatorial: uma ferramenta poderosa para os pesquisadores. Campina Grande-Paraíba: **COBENGE**, 2005.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**.6.ed. New York: J. Wiley, 2004.

MORETTI, Celso Luiz. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. 2007.

SATO, G.S. O mercado de hortaliças e frutas minimamente processados no Brasil. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto de Economia Agrícola (IEA)**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=4574>. Acesso em 15/11/2019.

SEBRAE. O Cultivo e o Mercado da Manga. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-manga,90f5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD> Acesso em: 17/11/2019.

SILVA, D.F.P.; CABRINF, E.C.; ALVES, R.R.; SALOMÃO, L.C.C. Uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento do pericarpo de Lichia. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.32, n.2, p.618-627, 2010.

SILVA, W.B. Efeito do cloreto de cálcio e do uso de cobertura comestível a base de quitosana na conservação pós colheita do mamão UENF, calimon01. **Trabalho de defesa de mestrado**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, p. 1-128, 2014.

VASCONCELOS, E.J.P. Produtos minimamente processados. **Trabalho de conclusão de curso**. Faculdade de ciências da nutrição e alimentação da Universidade do Porto, Porto, 2005.

VIALI, L. **Série: Estatística multivariada**, p.1-22, 2019.

## **CAPÍTULO II**

**APLICAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E ESTUDO CINÉTICO**  
**PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE POLPA DE MANGA**  
*(Mangífera indica L. var. Tommy Atkins)*

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da temperatura de armazenamento, concentração de ácido ascórbico e cloreto de cálcio na conservação e qualidade nutricional da polpa da *Mangífera Indica* L. var. Tommy Atkins minimamente processada a partir de parâmetros físico-químicos a polpa da manga minimamente processada em função do tempo na condição otimizada do processo; a partir do uso de superfície de resposta e estudo cinético. As mangas foram adquiridas no comércio local de Garanhuns-PE. Foram lavadas em água corrente, sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio de concentração 100 ppm; descascadas com facas de aço inoxidável e em seguida cortadas, A partir do planejamento 2<sup>3</sup>. Foram selecionados a concentração da solução de ácido ascórbico e cloreto de cálcio, em seguida, foram acondicionados em embalagens transparentes de polietileno com tampa e armazenadas sob refrigeração para determinar a melhor temperatura por oito dias de armazenamento, em duplicata. As análises realizadas foram: teor de umidade, perda de massa fresca, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, atividade de água, açúcares e cor. Para identificação de quais variáveis influenciam no processamento mínimo foi utilizado o software Statistic® 7.0, para verificar a significância pelo gráfico de Pareto e a região otimizada pela superfície de resposta e em seguida determinado o estudo cinético através de regressão linear usando o software Excel. Os resultados processados pelo programa computacional foram representados em uma tabela contendo os resultados dos gráficos de Pareto, as superfícies de respostas e os gráficos da cinética. A partir da análise estatística foi possível observar que os fatores corte, temperatura, concentração da solução de ácido ascórbico e concentração da solução de cloreto de cálcio proporcionam alterações na conservação no valor nutricional e da qualidade pelos parâmetros pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, e cor (L\*, a\* e b\*). A partir das ferramentas gráfico de Pareto, superfície de resposta e estudo cinético foi verificado que as melhores condições para um melhor valor nutricional do processamento mínimo da manga Tommy Atkins é a temperatura de 2 °C, a concentração de cloreto de cálcio de 2 % e a concentração de ácido ascórbico de 2 %.

**Palavras-chave:** Ácido ascórbico, cloreto de cálcio, estudo cinético, refrigeração e superfície de resposta.

## ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the effect of storage temperature, concentration of ascorbic acid and calcium chloride on conservation and nutritional quality of Indica L. var. Tommy Atkins minimally processed from physicochemical parameters the minimally processed mango pulp as a function of time in the optimized process condition; from the use of response surface and kinetic study. The mangoes were purchased from the local Garanhuns-PE trade. They were washed in running water, sanitized with 100 ppm sodium hypochlorite solution; peeled with stainless steel knives and then cut. From planning 23. The concentration of the ascorbic acid and calcium chloride solution was selected, then packaged in clear polyethylene lids and stored under refrigeration to determine the best temperature for eight days of storage, in duplicate. The analyzes performed were: moisture content, fresh mass loss, total soluble solids, pH, total titratable acidity, water activity, sugars and color. To identify which variables influence the minimum processing, the Statistic® 7.0 software was used to verify the significance by the Pareto graph and the region optimized by the response surface and then to determine the kinetic study using linear regression using Excel software. The results processed by the computer program were represented in a table containing the Pareto graph results, the response surfaces and the kinetic graphs. From the statistical analysis it was possible to observe that the factors cut, temperature, concentration of ascorbic acid solution and concentration of calcium chloride solution alter the conservation in the nutritional value and quality by the parameters pH, total titratable acidity, total soluble solids. , and color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ). From the Pareto graphing, response surface and kinetic study tools it was found that the best conditions for a better nutritional value of the Tommy Atkins mango minimum processing is 2 ° C, 2% calcium chloride and the ascorbic acid concentration of 2%.

**Keywords:** Ascorbic acid, calcium chloride, kinetic study, refrigeration and response surface.

## 1 INTRODUÇÃO

Produtos minimamente processados são produtos pré-preparados por meio de pequenos processamentos como descascamento, corte, sanitização e métodos de conservação do fruto como adição de inibidores e temperaturas baixas, para manter o produto no estado fresco (EMBRAPA, 2005). A finalidade desses produtos é oferecer ao consumidor final frutas ou hortaliças com qualidade alimentar, com suas características nutricionais, físicas, químicas e biológicas semelhantes ao produto original ou *in natura* (VASCONCELOS, 2005).

O Brasil caracteriza-se como um dos três maiores produtores de frutas frescas do mundo, e é um dos maiores produtores e exportadores de manga, sendo atualmente, a manga Tommy Atkins (*Mangífera indica* L.) a variedade mais produzida no Brasil (FURLANETO, 2015).

Um dos maiores problemas, em frutas minimamente processadas é a manutenção da cor por períodos prolongados, cujo escurecimento é resultado da degradação da antocianina pela ação de enzimas oxidativas, como polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e ácido ascórbico oxidase, uma maneira de prevenir esse escurecimento nos alimentos é com a imersão do mesmo em uma solução com ácido ascórbico (SILVA, 2010).

O tratamento com cálcio auxilia na qualidade e aumento da vida útil das frutas, reduzindo perdas pós-colheita, produção de etileno e taxa de senescência, onde entre os inúmeros sais de cálcio disponíveis no mercado, o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) tem sido amplamente utilizado como um agente capaz de promover manutenção da firmeza e preservação de frutas e vegetais, seja intactos ou minimamente processados (SILVA, 2014).

Um dos fatores que auxiliam na manutenção da qualidade e na segurança do alimento minimamente processado é a refrigeração, que quando adequada junto com a embalagem e a sanitização, reduz o crescimento de microrganismos deteriorantes e/ou patogênicos (CENCI *et al.*, 2006).

Logo, faz-se necessário o desenvolvimento e otimização dos processos para que a aplicação de inibidores e refrigeração na conservação do produto minimamente processado possa ser realizada com mais eficiência e eficácia. A otimização é utilizada para aplicar pequenas melhorias no processo, permitindo que atinja ganhos de eficiência nos processos (VIANA, 2017). Quando há necessidade de definir os fatores mais importantes e verificar

os efeitos sobre cada variável resposta escolhida, o planejamento fatorial entra como etapa inicial do planejamento experimental (GALDAMEZ, 2002).

O diagrama de Pareto é uma técnica multivariada que permite verificar a sensibilidade dos parâmetros estudados sobre a resposta de interesse e permite indicar quais parâmetros e interações têm influências significativas sobre cada variável resposta considerada, tornando-se visível a relação ação/benefício, priorizando a ação que trará o melhor resultado. O diagrama consiste num gráfico de barras, o que permite a localização de problemas vitais e a eliminação de perdas (BARBOSA, 2009).

O objetivo da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) é a otimização da resposta da modelagem e análise de problemas nos quais a variável resposta é influenciada por vários fatores (COMPARINI *et al.*, 2019).

Sabendo que o conhecimento quanto ao mecanismo e cinética dessas reações deteriorantes é de extrema importância na determinação das melhores condições de processamento e armazenamento destes produtos. A complexidade das reações que podem ser de origem microbiológica, físicas e químicas e que ocorrem simultaneamente nesses alimentos, torna impossível a determinação de um modelo matemático universal, sendo necessária para a construção desse modelo a adoção de condições mais próximas possível das condições naturais (AZEREDO *et al.*, 2012).

Diante disto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura de armazenamento, concentração de ácido ascórbico e cloreto de cálcio na conservação e qualidade nutricional da polpa da *Mangífera Indica* L. var. Tommy Atkins minimamente processada. Avaliando mais especificamente a polpa da manga minimamente processada em função do tempo na condição otimizada do processo a partir de parâmetros físico-químicos utilizando superfícies de resposta e, a estudo cinético.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. COLETA DAS AMOSTRAS E PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS**

As mangas *Mangífera Indica* L. var. Tommy Atkins utilizadas nesse trabalho foram adquiridas no mercado local de Garanhuns-PE e levadas ao Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG). Para o processamento mínimo, as mangas foram selecionadas quanto à integridade física, tamanho e cor. Logo após a chegada ao laboratório foram lavadas em água corrente, e imersas em solução de hipoclorito de sódio de concentração 100 ppm. Após 30 minutos as mesmas foram descascadas e cortadas no tamanho aproximado de 0,5 x 8,0 x 2,0 cm (FIGURA 1), com faca inoxidável pré-sanitizada. Para avaliação dos efeitos das variáveis: temperatura de armazenamento; concentração de ácido ascórbico e; concentração de cloreto de cálcio no processo, os cortes das mangas foram imersos na solução de ácido ascórbico (AA) durante 5 minutos e, imersos em solução de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) também durante 5 minutos, de acordo com o planejamento fatorial 2<sup>3</sup> (TABELA 1).

**Tabela 1** - Parâmetros e Níveis do Planejamento Fatorial – Processamento mínimo da *Mangífera Indica* L.

<b>Fator</b>	<b>-1,68</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>+1,68</b>
Temperatura (°C)	0,3	2	4,5	7	8,7
AA	0,66	1	1,5	2	2,34
CaCl	0,66	1	1,5	2	2,34

**Figura 1** - Cortes fatias de 0,5 x 8,0 x 2,0 cm da polpa da manga Tommy Atkins utilizados para a produção do fruto minimamente processado.



**Fonte:** o autor.



Foram realizados 17 experimentos, com permutação entre 5 temperaturas de armazenamento (0,3 °C, 2 °C, 4,5 °C, 7 °C e 8,7 °C), 5 níveis da concentração da solução de ácido ascórbico (AA) (%) e, 5 níveis da concentração da solução de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) (%) sendo um deles o ponto central (TABELA 2).

**Tabela 2** - Planejamento Experimental – Processamento mínimo da *Mangífera Indica* L. var. *Tommy Atkins*.

<b>Experimento</b>	<b>Temperatura de armazenamento (T) - (°C)</b>	<b>Concentração da solução de ácido ascórbico (AA) - (%)</b>	<b>Concentração da solução de cloreto de cálcio (CaCl) - (%)</b>
1	2	1	1
2	7	1	1
3	2	2	1
4	7	2	1
5	2	1	2
6	7	1	2
7	2	2	2
8	7	2	2
9	0,3	1,5	1,5
10	8,7	1,5	1,5
11	4,5	0,66	1,5
12	4,5	2,34	1,5
13	4,5	1,5	0,66
14	4,5	1,5	2,34
15	4,5	1,5	1,5
16	4,5	1,5	1,5
17	4,5	1,5	1,5

Logo após o processo de imersão nos inibidores, as amostras foram peneiradas para retirada do excesso de água e em seguida foram pesadas 100 g de manga e acondicionadas em embalagens rígidas de polietileno com tampa e armazenadas em ambiente refrigerado realizando-se análises físico-químicas após 8 dias.

Para identificação de quais variáveis influenciam no processamento mínimo foi utilizado o software Statistic® 7.0. Os resultados processados pelo programa computacional foram representados em gráficos de Pareto, que ilustram a relação e interação entre as variáveis estudadas, indicando as que promovem maior impacto sobre processo. Após a verificação para identificar a equação otimizada do processo foi feita a superfície de resposta de cada variável independente a qual os efeitos no gráfico de pareto foi significativa. Em seguida foi realizada a cinética da melhor condição obtida em relação a essas variáveis durante o período de oito dias a cada 48 horas. A partir da análise de

superfície de resposta a melhor condição foi para temperatura 2°C e 2% de concentração dos inibidores, e as análises significativas foram pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e cor (L\*, a\*, b\*) então a cinética foi feita em triplicata nessas condições e foi determinada através de regressão linear utilizando o software excel.

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MANGAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: perda de massa fresca (%), teor de umidade (%), atividade de água, pH, acidez total titulável (g de ácido cítrico/100 mL de amostra), sólidos solúveis totais (°Brix), açúcares redutores (g/mL), cor parâmetros (L\*, a\* e b\*). Todas as análises foram realizadas em duplicata após oito dias e as análises significativas após o tratamento estatístico foram repetidas a cada 48 horas em triplicatas durante oito dias com os melhores tratamentos da condição otimizada. As análises físico-químicas foram feitas de acordo com as metodologias descritas por Instituto Adolfo Lutz (2008) e artigos de literatura nos Laboratórios de Análise de Alimentos (LAAL) na Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG).

### 2.2.1. Perda de massa fresca

Foi determinada pela diferença de massa no início do processamento e no término dos dias de conservação, após oito dias.

### 2.2.2. Teor de umidade

A umidade foi determinada por aquecimento do material em estufa a 105 °C até atingir peso constante. O percentual de umidade foi determinado segundo a Equação 1.

$$\text{Umidade} = 100 \cdot \frac{N - P}{P}$$

(1)

Onde:

N- Diferença entre o peso da amostra antes e após aquecimento em estufa

P- Número de gramas da amostra.

### 2.2.3. Atividade de água

Foi determinada pelo uso de analisador de água de bancada onde, a amostra previamente macerada da polpa da manga foi adicionada em pequenas bandejas que foram acondicionadas no equipamento AquaLab para realização da leitura.

#### **2.2.4. Determinação de pH**

O pH foi indicado por pHâmetro digital (precisão  $\pm 0,01\text{pH}$ , MARCONI, PA 200). Foi preparada uma solução com a amostra da polpa da manga, na proporção de 5 g da amostra para 50 mL de água, e assim foi aferido o valor do pH no equipamento previamente calibrado.

#### **2.2.5. Acidez Total Titulável**

A acidez total titulável foi determinada a partir de 5 g gramas da amostra para 50 mL de água. Foi realizada a titulação com o auxílio do pHâmetro até a amostra atingir um pH entre 8.2 e 8,4. O resultado foi expresso em acidez em solução molar por cento v/m de ácido cítrico, segundo a Equação 2.

$$\text{Acidez} = V * F * 100P * C \quad (2)$$

Onde:

V = nº de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 M

P = nº de g da amostra usado na titulação

c = correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M.

#### **2.2.6. Sólidos Solúveis Totais**

Para a análise de sólidos solúveis totais (SST), em °Brix, a amostra foi macerada, homogeneizada, filtrada em filtro de nylon 45  $\mu\text{m}$ , deste suco puro da fruta foi pipetada uma alíquota e levada ao refratômetro portátil para realização da leitura.

#### **2.2.7. Açúcares redutores**

O teor de açúcares redutores (AR) foi determinado através do método de DNS segundo a metodologia Maldonade, Carvalho e Ferreira (2013), com algumas modificações, verificando a quantidade de glicose presente na amostra.

#### **2.2.8. Análise de Cor**

A análise de cor foi realizada utilizando um colorímetro portátil manual Konica MINOLTA CR-10, que indicará os parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (componente vermelho-verde) e  $b^*$  (componente amarelo-azul).

### 2.3. ANÁLISES DOS DADOS

A partir da caracterização físico-química da manga Tommy Atkins, **de acordo** com o planejamento fatorial, foram feitos gráficos de paretos no software Statistic® 7.0 de cada análise físico-química como resposta, para verificar a significância dos tratamentos temperatura, concentração de ácido ascórbico e cloreto de cálcio, com efeitos individuais e de interação. Após a verificação pelo gráfico de Pareto foram selecionadas as análises significativas para elaborar a superfície de resposta e determinar o valor e a região otimizada. Os resultados de pareto que obtiveram significância apenas em efeitos principais foram elaborados modelos lineares na superfície de resposta e os que tiveram significância nas variáveis de interação foram feitas modelos quadráticos na superfície de resposta e em seguida foi determinado a melhor condição otimizada. Os resultados da melhor condição para os tratamentos foram selecionados para fazer o estudo cinético nas análises físico-químicas significativas a cada 48 horas durante o período de tempo de oito dias. Foram consideradas a diferença estatisticamente significativa quando  $p \leq 0,05$  de acordo com a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. GRÁFICOS DE PARETO

Para cada variável independente foi elaborado um Gráfico de Pareto, a partir do software Statistic 7.0, sendo avaliados os efeitos principais e de interação entre estas variáveis, com significância de  $p \leq 0,05$ , obtidos através dos resultados das análises físico-químicas (TABELA 3), com até duas interações e erro puro.

A partir da análise estatística utilizando o gráfico de Pareto foi possível observar que os fatores temperatura, concentração da solução de ácido ascórbico e concentração da solução de cloreto de cálcio levaram maiores alterações na conservação do valor nutricional e da qualidade pelos parâmetros pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e cor ( $L^*$ ,

a\*, b\*), os quais obtiveram valores significativos em seus resultados (TABELA 4), logo que os resultados da significância das interações está em vermelho.

**Tabela 3-** Análises físico-químicas da manga Tommy Atkins minimamente processada.

Parâmetros	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Umidade (%)	84,54±0,56	87,31±0,87	79,59±0,99	80,01±0,77	86,35±0,46	82,26±0,48	82,32±1,35	77,8±0,96	89,96±0,66
pH	0,40±0,76	1,14±0,67	0,83±0,98	1,93±1,89	0,84±0,11	1,14±0,67	1,93±1,89	0,67±0,22	1,12±0,25
Acidez total titulável (%)	0,99±0,00	0,96±0,01	0,99±0,00	0,97±0,01	0,97±0,01	0,96±0,01	0,97±0,00	0,95±0,02	0,98±0,00
Acidez volátil (%)	4,00±0,00	4,00±0,00	4,00±0,00	5,00±0,00	3,5±0,00	3,24±0,00	5,00±0,00	4,00±0,00	3,99±0,01
Matéria seca (%)	1,9±1,67	1,55±1,23	1,1±1,53	2,75±1,75	0,15±1,34	0,14±1,54	2,05±1,87	1,75±0,98	0,2±0,74
Matéria seca total (%)	13,9±0,00	10,9±0,00	12,9±0,00	9,8±0,00	8,9±0,00	6±0,00	12,95±0,00	10,15±0,00	8±0,00
Matéria seca total (g/100g)	25,75±2,30	16,40±3,50	30,65±0,98	18,50±1,56	58,30±2,99	21,30±3,20	28,1±1,00	20,55±2,40	25,75±2,30
Matéria seca total (g/100g)	5,90±2,89	10,95±1,32	9,75±1,37	3,90±1,44	61,8±1,67	-16,4±1,48	0,05±1,64	6,25±1,43	4,55±1,65

	27,1±0,55	10,70±0,05	19,35±1,24	-0,70±0,56	-3,5±1,98	25,1±1,56	27,8±1,77	18,9±0,80	-8,05±1,20
cares redutores (%)	0,41±1,34	0,43±1,36	0,45±1,77	0,38±1,89	0,66±1,59	0,52±1,67	0,44±1,94	0,32±1,37	0,77±1,66

\*PM- Perda de massa fresca, Aw- atividade de água, ATT- acidez total titulável, SST- sólidos solúveis totais,

L- luminosidade.

**Continuação: Tabela 3 - Análises físico-químicas da manga Tommy Atkins minimamente processada.**

<b>Parâmetros</b>	<b>E10</b>	<b>E11</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>	<b>E15</b>	<b>E16</b>	<b>E17</b>
Umidade (%)	81,55±0,44	91,93±0,97	89,36±0,69	89,48±0,79	88,47±0,75	88,29±0,35	88,58±0,75	81,23±0,30
PM (%)	0,42±0,88	0,25±0,36	1,2±0,06	1,07±0,39	4,51±0,96	0,83±0,84	0,25±1,89	9,57±0,98
Aw	0,98±0,01	0,99±0,01	0,98±0,00	0,98±0,01	0,98±0,01	0,99±0,01	0,98±0,00	0,99±0,00
pH	4,09±0,02	3,78±0,00	3,81±0,00	4,81±0,00	3,91±0,00	4,15±0,00	3,86±0,00	4,05±0,00
ATT (%)	0,13±0,67	0,16±2,84	0,13±1,23	0,11±1,88	0,16±1,56	0,089±1,53	0,096±1,87	0,064±0,23
SST (%)	7,00±0,00	7,50±0,00	7,00±0,00	7,90±0,00	6,90±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00	8,00±0,00
L*	20,40±1,40	22,65±3,50	17,8±0,95	20,55±1,35	16,2±2,44	16,25±2,20	15,00±5,20	18,05±3,40
a*	0,50±0,78	5,00±1,32	4,75±1,24	3,7±2,14	5,30±1,67	4,65±1,33	6,60±0,89	3,55±1,42
b*	18,00±1,21	-2,30±2,50	4,60±1,43	1,80±1,55	3,45±1,94	9,30±1,34	7,80±1,12	12,85±0,65
Açúcares redutores (%)	0,50±1,28	0,86±1,36	0,86±1,86	0,76±1,89	0,84±1,24	0,63±1,12	0,86±1,93	0,69±1,31

\*PM- Perda de massa fresca, Aw- atividade de água, ATT- acidez total titulável, SST- sólidos solúveis totais, L- luminosidade.



**Tabela 4-** Resultados do Gráfico de pareto em forma de tabela com os efeitos principais e de interação entre variáveis do planejamento fatorial completo com ponto central, com significância (p) menor que 0,05. Estimativa dos efeitos para: Umidade(%), Perda de massa fresca (PM(%)), atividade de água (Aw), pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (STT), parâmetros cor L\*, a\*, b\* e açúcares redutores.

Interações	Umidade (%)	PM (%)	Aw	pH	ATT (%)	SST	L*	a*	b*	AR
T(°C)(Q)	-1,51505	-0,598396	-2,84274	0,2995266	62,32701	4,620338	8,37905	1,23256	1,49101	-2,89535
AA(°C)(Q)	0,1381486	-0,705296	-1,81392	-1,67629	60,91464	4,105962	6,170819	3,039977	-0,261131	-0,654876
CaCl2(°C)(Q)	-0,342306	-0,2354726	-2,84274	-0,023056	60,20846	4,41574	4,737406	2,751559	0,414531	-1,25234
T(°C)(L)	-1,51505	0,1361486	-3,75117	1,668677	14,039909	-6,3207	-13,2491	-13,9518	2,819891	-1,25234
AA(°C)(L)	-1,94198	-0,000726	-0,787746	4,24939	62,11057	2,466396	-5,66739	-7,48734	1,831144	-1,73272
CaCl2(°C)(L)	-0,342306	0,235475	-2,81338	-4,70905	-50,3051	-5,24226	5,23375	4,186742	1,526336	-0,917644
1L x 2L	-0,281378	0,0345324	0	3,024097	35,9367	0	6,145275	16,82373	-5,60986	-0,207443
1L x 3L	-1,19434	-0,073805	1,224745	-3,0241	-33,9367	0,244949	-5,31514	-16,2973	7,654762	-0,62233
2L x 3L	-0,342306	-0,095472	-1,224745	0,6242	65,36153	6,3074	-8,75096	-8,2173	6,032471	-1,21503

\* Com o aumento no valor da variável independente, a variável dependente com sinal negativo diminui o valor, e a variável com sinal positivo, aumenta o valor, valores vermelhos representam significância nos resultados.

\*\*PM- Perda de massa fresca, Aw- atividade de água, ATT- acidez total titulável, SST- sólidos solúveis totais, L- luminosidade.

Em relação ao pH, houve diferença significativa pelo efeito da variável independente cloreto de cálcio, sendo que quanto menor o valor da concentração da solução do cloreto maior se torna essa diferença, como foi apenas uma variável que foi significativa a superfície de resposta gerada por esse parâmetro foi linear. O pH alto é indesejável, pois contribui no crescimento de microrganismos indesejáveis no alimento (BOAS *et al.*, 2004), sendo assim a partir dos experimentos que obtiveram valores baixos do pH o melhor tratamento de  $\text{CaCl}_2$  é de 2% de concentração de cloreto de cálcio na solução.

Os parâmetros acidez total titulável e luminosidade todos os efeitos foram significativos tanto os individuais quanto os de interação, logo a superfície gerada por esses parâmetros foi de modelo quadrático. O valor da acidez total titulável da manga Tommy Atkins é menor quando comparado com outras frutas variando de 0,40 à 0,60 (MIGUEL, 2015), os valores de acidez total titulável e luminosidade variaram bastante em relação a cada experimento (TABELA 3), podendo ser a causa da diferença significativa nesse parâmetro.

Para os sólidos solúveis totais, houve diferença significativa na maioria das interações, menos nas que a solução de ácido ascórbico estava presente, logo as superfícies geradas são de modelos quadráticos, porém sem a concentração da solução de ácido ascórbico como uma das variáveis.

Quanto ao parâmetro cor ( $a^*$  e  $b^*$ ), obtiveram diferença significativa nas variáveis de interação, logo geraram modelos quadráticos, além de que o parâmetro  $a^*$  teve significância nas variáveis principais de temperatura e concentração de ácido ascórbico. A partir da análise de cor por colorímetro a resposta obedece a um sistema tridimensional CIELab de cores, o qual fornece três coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) permitindo a exatidão da cor. O eixo x do sistema corresponde às cores que variam do verde ( $-a^* = -60$ ) ao vermelho ( $+a^* = +60$ ), o eixo y corresponde às cores que variam de azul ( $-b^* = -60$ ) ao amarelo ( $+b^* = +60$ ) e o eixo z corresponde à luminosidade expressa pela variável  $L^*$ , que assume o valor zero para preto absoluto e 100 para branco total (ALBERTON, 2014).

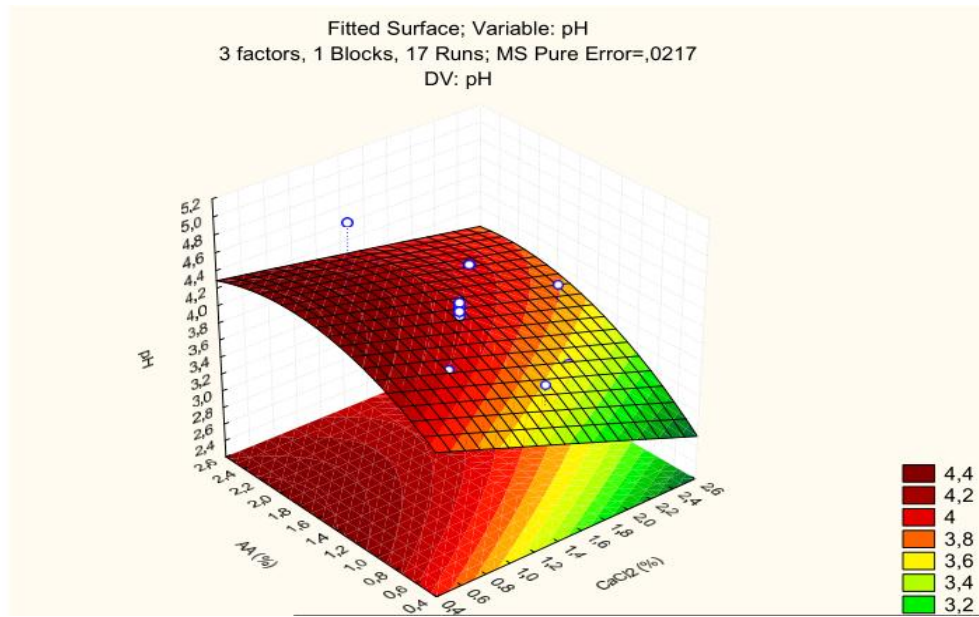
Não houve significância entre as demais variáveis umidade, perda de massa fresca, atividade de água e açúcar redutor, porém pela normativa n °01, de 7 de Janeiro de 2000 da manga *in natura* os valores obtidos (TABELA 3) são semelhantes da manga minimamente processada.

Os resultados dos gráficos de Pareto são os mesmos da ANOVA (ANEXO I) em relação a significância dos parâmetros estudados.

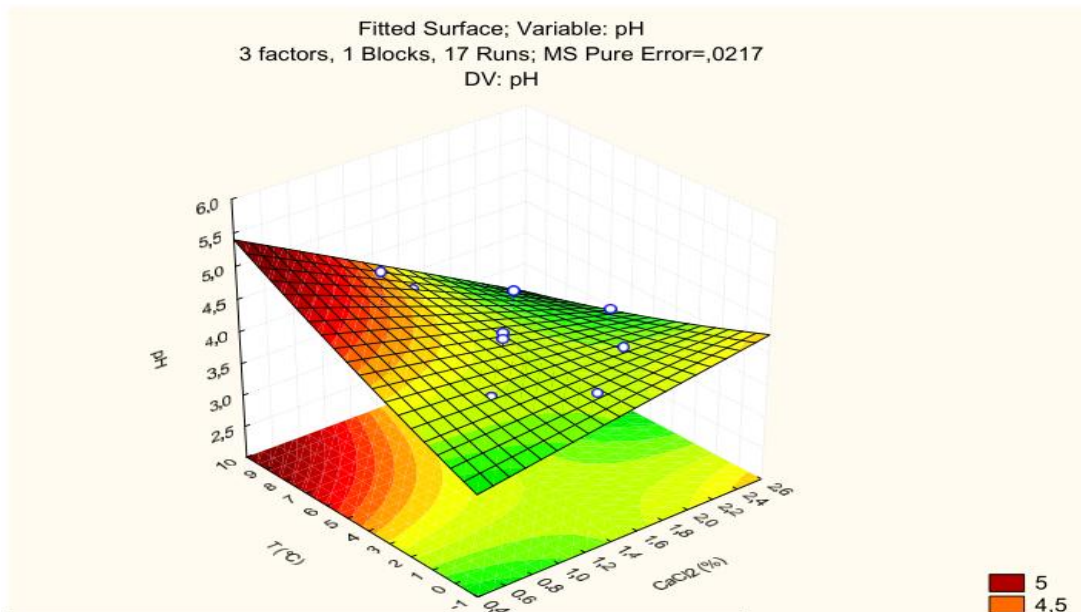
Foram obtidas duas superfícies de resposta em relação ao pH, de acordo com o resultados da TABELA 4, foram feitas superfícies lineares, Figura 2A, demonstra que quanto maior for o valor da concentração de ácido ascórbico e menor for o valor da concentração de cloreto de cálcio maior será o valor da resposta pH. Enquanto que na Figura 2B percebe-se que quanto maior o valor da temperatura e menor o valor da concentração de cloreto de cálcio maior será o pH, indesejável já que quanto maior o pH mais suscetível o alimento está a contaminação (BOAS *et al.*, 2004), além disso sabe-se que produtos minimamente processados tem características semelhantes ao produto *in natura* , pela instrução normativa n °01, de 7 de Janeiro de 2000 da manga *in natura*, o padrão de identidade e qualidade da polpa da manga em relação ao pH varia de 3,3 a 4,5, logo o melhor tratamento é temperatura a 2 °C e concentração de Cloreto de cálcio a 2% .

**Figura 2-** Superfícies Lineares de resposta do Parâmetro pH. A) Variável dependente: pH, variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio. B) Variável dependente: pH, variáveis independentes: Temperatura e concentração cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização.

A



B

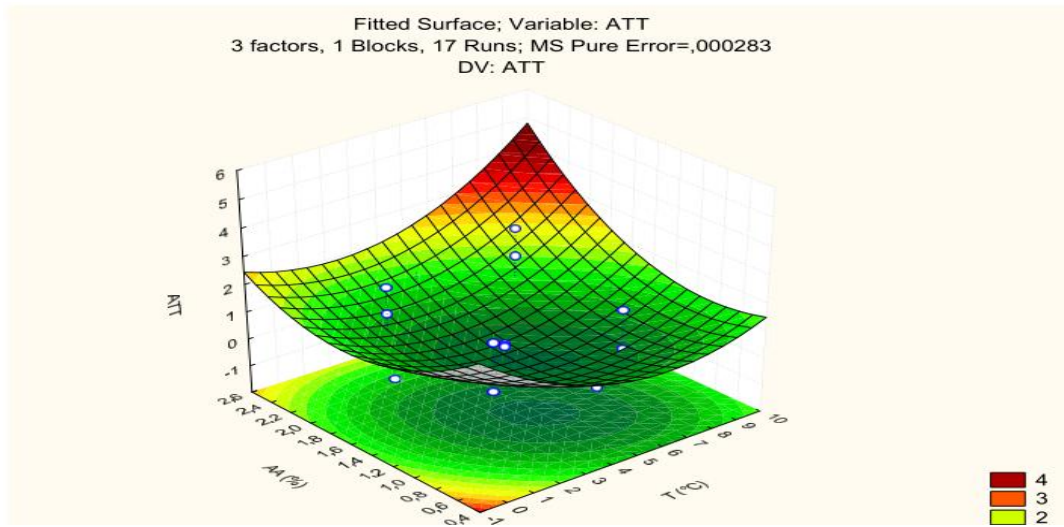


\*quanto mais próximo do vermelho mais próximo do ponto máximo, quanto mais próximo do verde mais próximo do ponto mínimo.

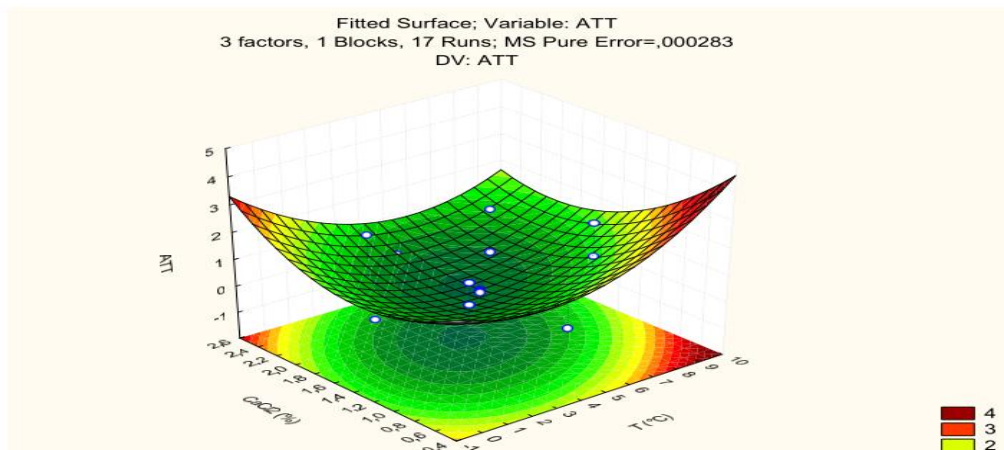
O parâmetro acidez total titulável obteve superfícies quadrática, na Figura 3A percebe-se que quanto maior o valor do ácido ascórbico e da temperatura maior será o valor da acidez, na Figura 3B, quanto maior a acidez menor a concentração de cloreto de cálcio e menor a temperatura, enquanto na Figura 3C, quanto maior a concentração do ácido ascórbico e do cloreto de cálcio maior será a acidez.

**Figura 3-** Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro acidez total titulável. A) Variável dependente: acidez total titulável (ATT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura, e a equação gerada a partir da otimização. B) Variável dependente: acidez total titulável (ATT), variáveis independentes: Concentração Cloreto de Cálcio e temperatura. C) Variável dependente: acidez total titulável (ATT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e Cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização.

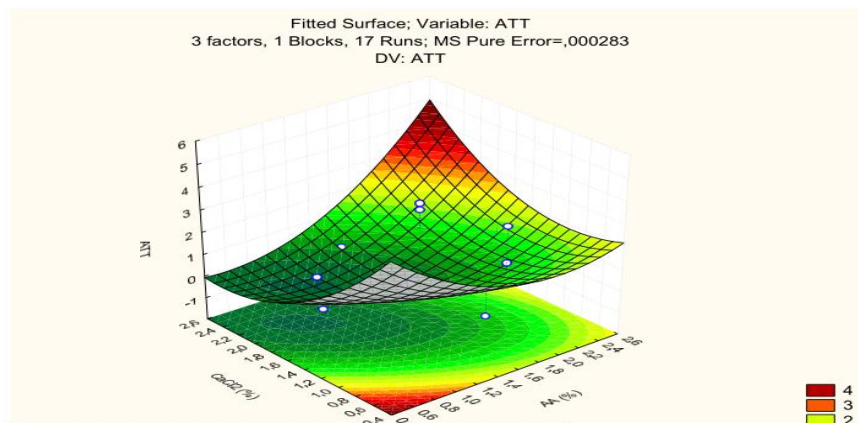
A



B



C



\*quanto mais próximo do vermelho mais próximo do ponto máximo, quanto mais próximo do verde mais próximo do ponto mínimo.

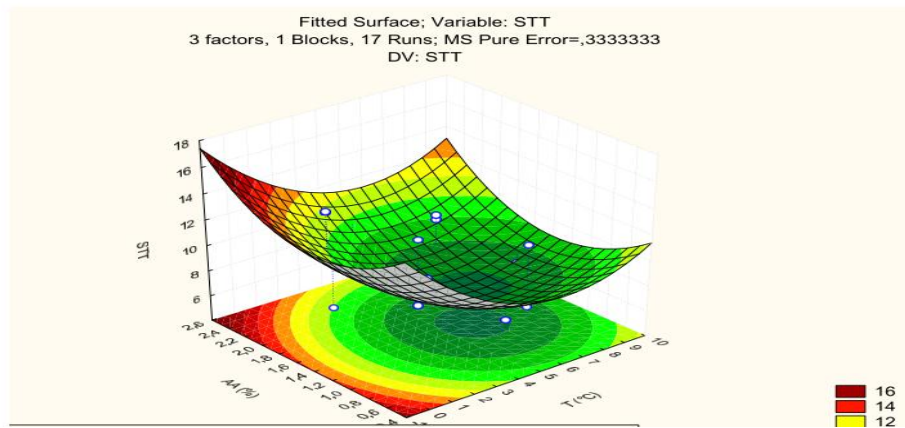
Pela instrução normativa n °01, de 7 de Janeiro de 2000 da manga *in natura*, o padrão de identidade e qualidade da polpa da manga em relação a acidez total titulável por ácido cítrico deve ser no mínimo de 0,32, logo a região otimizada máxima é a região de melhor resultado, pela Figura 3A, 2 % ácido ascórbico e 7 °C, pela Figura 3B, 7 °C e 1% cloreto de cálcio e pela Figura 3C, 2% da concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio. Essa variação da região ótima deve ter ocorrido devido aos pontos determinados no planejamento não ter sido suficientes para determinar a melhor condição, pois para esse parâmetro o valor crítico necessitava de um novo ajuste na superfície, para isso seria feito um novo planejamento, com novos pontos centrais, para que consiga um maior reajuste.

O parâmetro sólidos solúveis totais também necessita de um reajuste, porém apenas para variável temperatura, pela Figura 4A, verifica-se que ocorre um aumento gradativo à medida que a concentração de ácido ascórbico aumenta, na Figura 4B ocorre aumento a medida que aumenta ou diminui sucessivamente as variáveis cloreto de cálcio e temperatura, já na Figura 4C ocorre um aumento gradativo á medida que aumenta os valores das concentrações de inibidores.

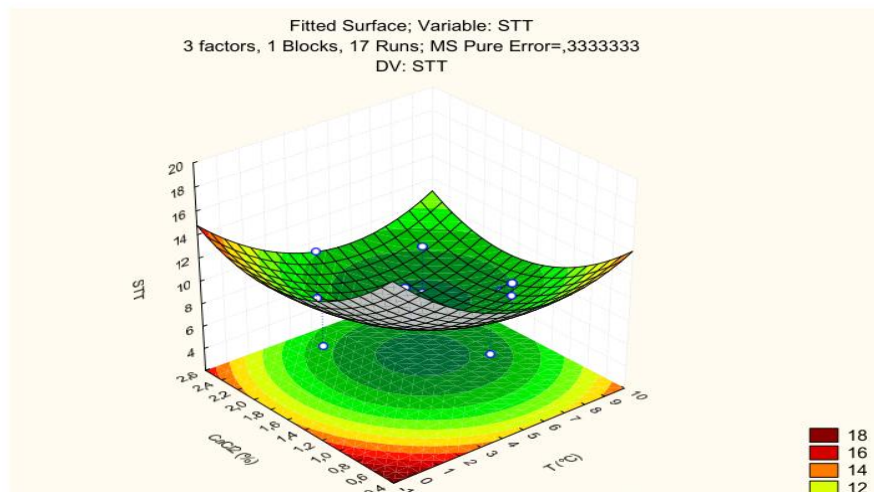
**Figura 4-** Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro sólidos solúveis totais. A) Variável dependente: sólidos solúveis totais (STT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura. B) Variável dependente: sólidos solúveis totais (STT), variáveis independentes: Concentração cloreto de Cálcio e temperatura. C) Variável dependente sólidos solúveis totais (STT), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e Cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização.



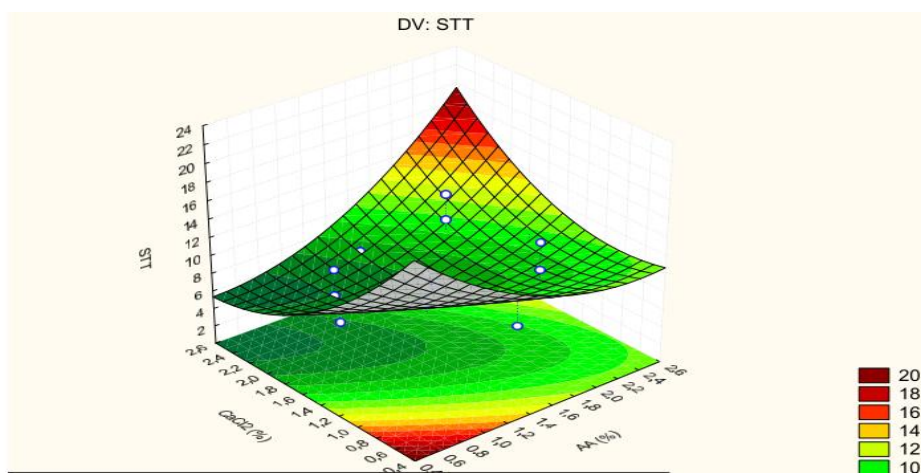
A



B



C



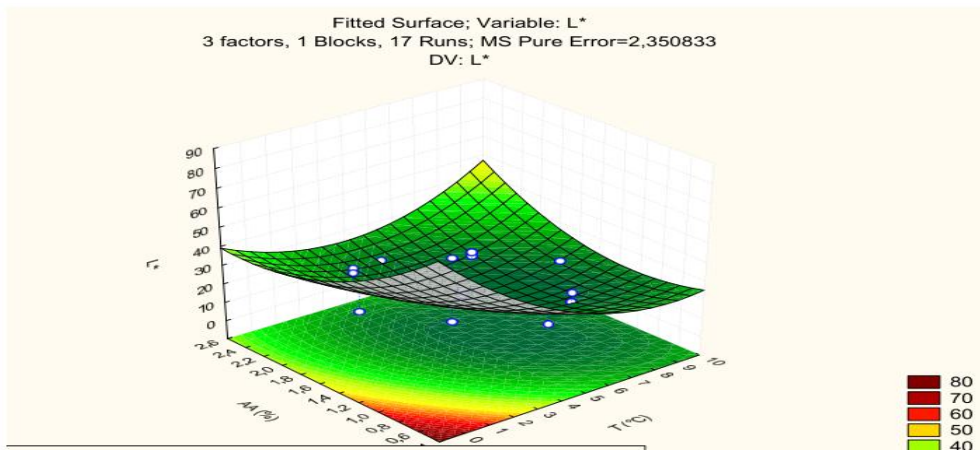
\*quanto mais próximo do vermelho mais próximo do ponto máximo, quanto mais próximo do verde mais próximo do ponto mínimo.

Sólidos solúveis totais da manga *in natura* pela instrução normativa n °01, de 7 de Janeiro de 2000 da manga *in natura*, o padrão de identidade e qualidade da polpa da manga é de no mínimo 14 °Brix, logo as melhores condições deste parâmetro está para concentração de 2% dos inibidores e temperatura de 2 °C.

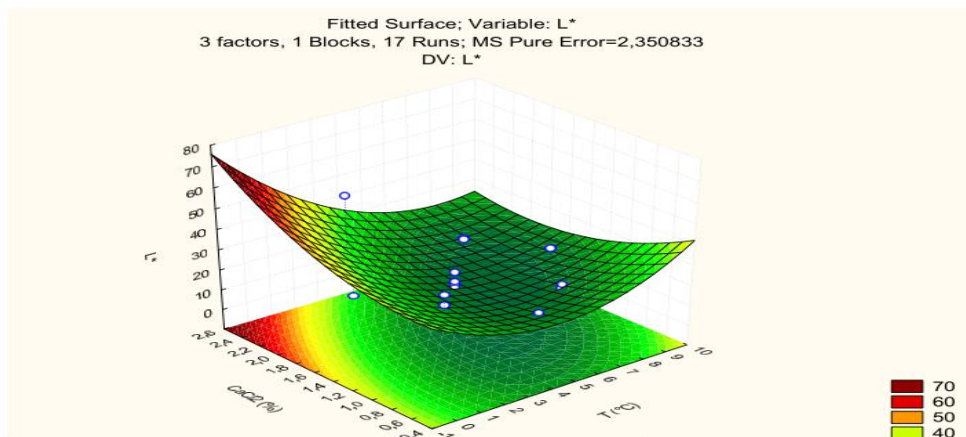
O parâmetro luminosidade quanto mais próximo do valor 100, mais claro será a amostra e quanto mais próximo do 0 mais escuro será sua amostra (LIMA, 2009). A superfície da luminosidade cresce em dois pontos, na Figura 5A, ela aumenta de acordo que a concentração de ácido ascórbico e temperatura vão aumentando após 1,8% e 7 °C respectivamente e aumenta de acordo que a temperatura e a concentração de ácido ascórbico diminuem a partir de 1% e 2°C respectivamente. Na Figura 5C, á medida que a luminosidade vai aumentando é através quando um parâmetro aumenta e o outro diminui a concentração de cloreto de cálcio a partir de 2% e de ácido ascórbico a partir de 0,8%, ou cloreto de cálcio a partir de 0,6% e ácido ascórbico 2,2 %. Essa variação pode ser melhor identificada a partir das superfícies de contorno (ANEXO II) geradas pela superfícies de respostas.

**Figura 5-** Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro Luminosidade. A) Variável dependente: Luminosidade (L\*), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura. B) Variável dependente: Luminosidade (L\*), variáveis independentes: Concentração cloreto de cálcio e temperatura. C) Variável dependente: Luminosidade (L\*), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização.

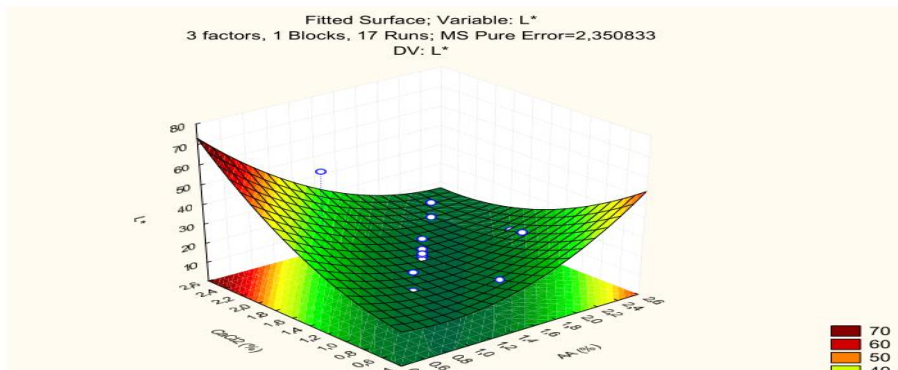
A



B



C



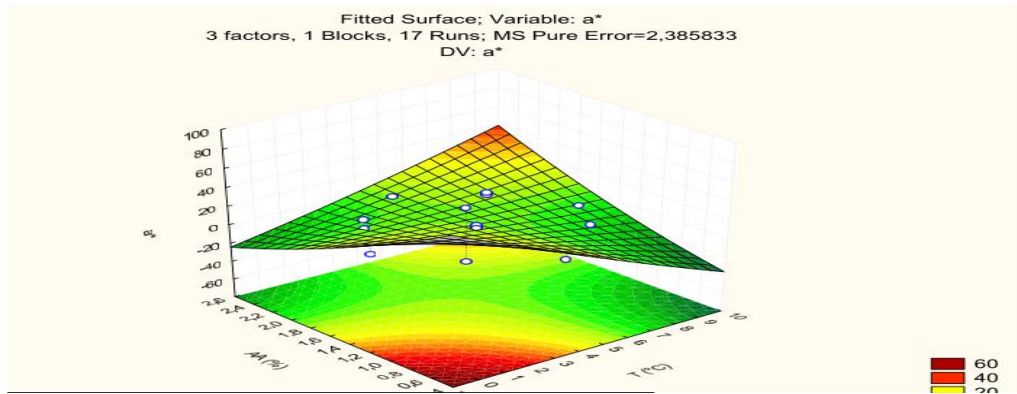
\*quanto mais próximo do vermelho mais próximo do ponto máximo, quanto mais próximo do verde mais próximo do ponto mínimo.

A diminuição da luminosidade indica escurecimento na amostra, produtos minimamente processados são suscetíveis a reações enzimáticas, que podem levar ao escurecimento enzimático que além de indesejável, pode ter perdas no valor nutricional e econômico do alimento (AMARAL, 2015). Sendo assim as melhores condições para o parâmetro luminosidade são 2% de concentração de cloreto de cálcio e ácido ascórbico e 2 °C de temperatura.

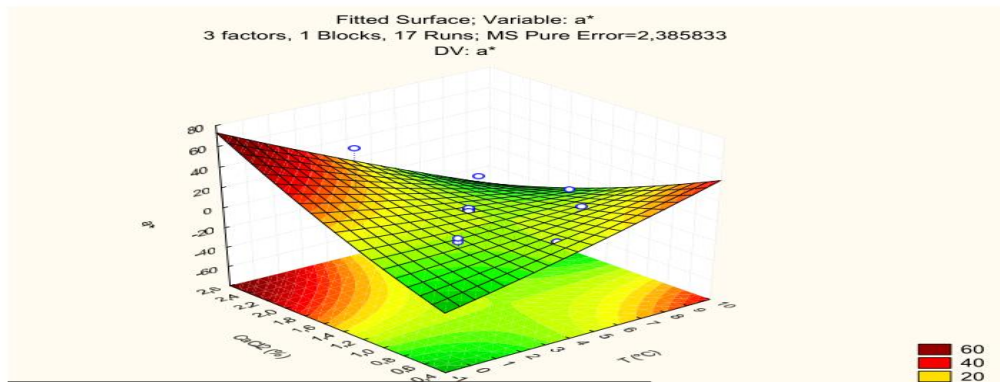
O parâmetro cor  $a^*$ , indica a cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+) (AMARAL, 2015), pela Figura 6A, observa que ele aumenta após a concentração de 2% de ácido ascórbico e da temperatura de 7 °C, e menor a concentração de 1,2% e temperatura de 3 °C. Pela Figura 6B, aumenta após 1,8% de Cloreto de cálcio e menor que 2°C de temperatura, e também menor que 0,5% e depois de 9 °C. Pela Figura 6C, aumenta a partir que a concentração de um inibidor passa de 2% e outro seja menor que 0,8%. Pode-se verificar através dos gráficos de contorno do parâmetro  $a^*$  no ANEXO II.

**Figura 6-** Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro Luminosidade. A) Variável dependente: cor ( $a^*$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura. B) Variável dependente: cor ( $a^*$ ), variáveis independentes: Concentração Cloreto de Cálcio e temperatura. C) Variável dependente: cor ( $a^*$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e Cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização.

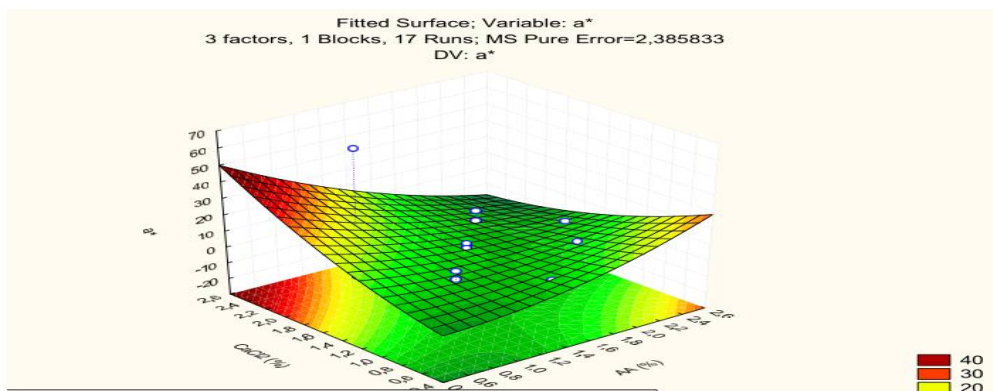
A



B



C



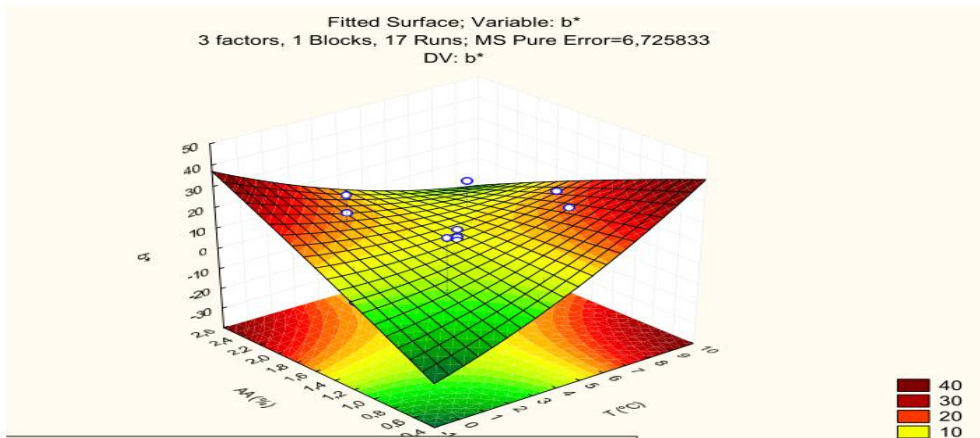
\*quanto mais próximo do vermelho mais próximo do ponto máximo, quanto mais próximo do verde mais próximo do ponto mínimo.

A polpa da manga tem uma cor amarela-alaranjada, sendo assim o parâmetro  $a^*$  de melhor região será mais próxima do vermelho, suas melhores condições são quanto maior seu valor, que foram temperatura 2 °C e concentração de 2% dos inibidores.

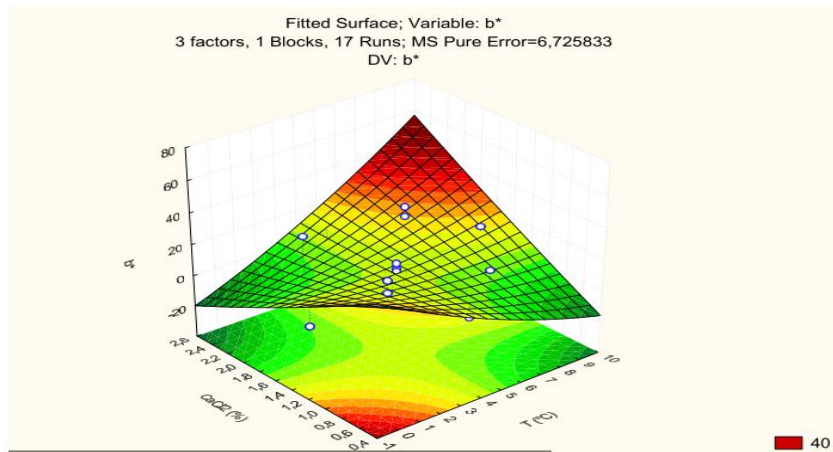
O parâmetro cor ( $b^*$ ) indica a cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+) (AMARAL, 2015), ocorre um aumento nesse parâmetro a partir que ocorre um aumento de duas variáveis ou a diminuição de duas variáveis ao mesmo tempo (FIGURA 7).

**Figura 7-** Superfícies quadráticas de resposta do Parâmetro Luminosidade. A) Variável dependente: cor ( $*b$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e temperatura. B) Variável dependente: cor ( $*b$ ), variáveis independentes: Concentração cloreto de cálcio e temperatura. C) Variável dependente: cor ( $*b$ ), variáveis independentes: Concentração ácido ascórbico e cloreto de cálcio, e a equação gerada a partir da otimização.

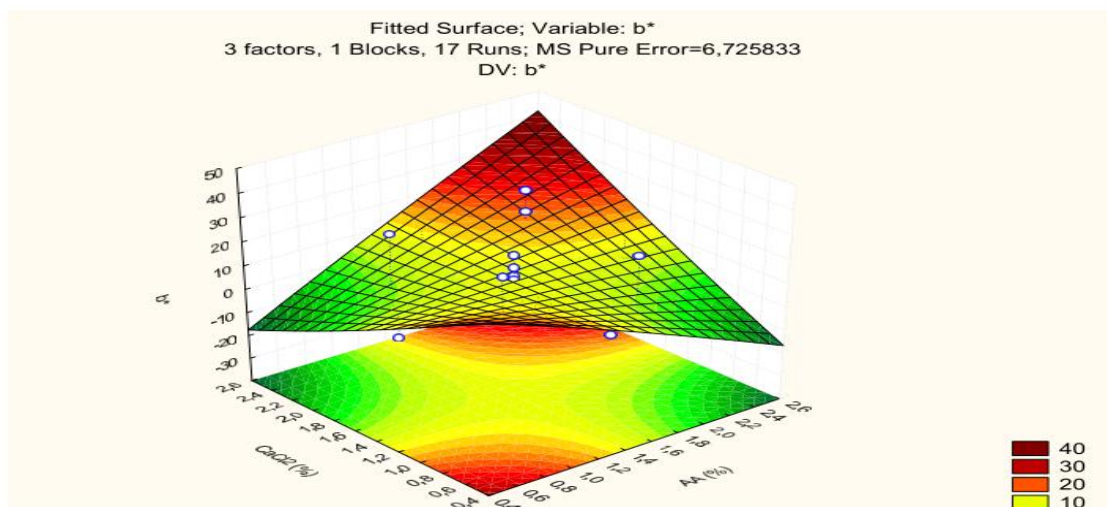
A



B



C



\*quanto mais próximo do vermelho mais próximo do ponto máximo, quanto mais próximo do verde mais próximo do ponto mínimo.

No parâmetro b\*, devido a características da cor da polpa da manga a cor amarela deve ter predominância em relação a vermelha (ALBERTON, 2014), o que caracteriza o aumento do parâmetro, sendo assim a melhor condição será para temperatura de 7 °C e concentração de 2% dos inibidores.

Na Tabela 5 está presente as equações de otimização obtidas através da metodologia de superfície de resposta. Os valores positivos significam que quanto maior o valor da variável mais próximo estará do ponto máximo, enquanto sinal negativo representa que quanto menor o valor da variável mais próximo do valor máximo. Os valores de x e y representa as variáveis de acordo com o que está sendo analisado, tendo interferência individual e de interação.

**Tabela 5.** Equações da região otimizada encontradas pela análise de superfície de resposta.

Parâmetros	AA x T	T x CaCl2	CaCl2 x AA
pH	--	$3,62+0,008y-$ $0,02y^2+0,09x-0,004$ $+ 0,13y$ $+13yx+0,28$	$3,62+0,46y-0,29y^2+0,08x-0,004$ $x^2 + 0,13y$ $-0,13x +13yx+0,08$
ATT	$9,77-0,44x+0,05x^2-$ $6,20y+1,22y^2+$ $0,16y+1,56xy-0,52$	$9,77-0,44x+0,05x^2-$ $5,69y+1,22y^2+1,17xy-$ $0,16y+1,56xy-6,56$	$9,77-6,20x+1,22x^2-$ $5,69y+1,21y^2+1,17xy-$ $0,16y+1,56xy-0,97$
SST	$37,83-$ $1,60x+0,13x^2+15,44y+2,83$ $y^2+0,00000010xy+0,04x+5,$ $25y-21,16$	$37,83-1,60x+0,13x^2-$ $18,67y+3,64y^2+0,00000$ $010xy+0,04x+5,25y-$ $16,79$	$37,83-$ $15,44x+2,83x^2+15,44y+2,83y^2+$ $0,00000010xy+0,04x+5,25y-$ $4,63$

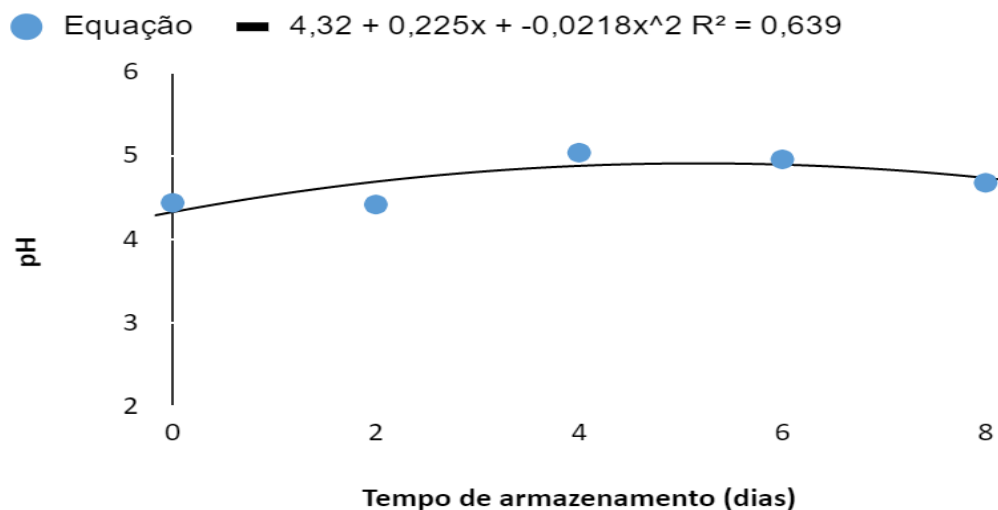


L*	43,47- 8,26x+0,61x <sup>2</sup> +22,1Y+11,29 y <sup>2</sup> +2,67x-2,31xy- 18,98y+45,27	43,47- 8,26x+0,61x <sup>2</sup> +17,18Y+ 8,67y <sup>2</sup> +2,67x-2,31xy- 18,98y-7,75	43,47- 22,1x+11,29x <sup>2</sup> +17,18Y+8,67y <sup>2</sup> + 2,67x-2,31xy-18,98y+24,27
a*	6,17- 3,5x+0,09x <sup>2</sup> +29,22y+5,60y <sup>2</sup> +7,35xy- 7,12x+17,95y+82,29	6,17- 3,5x+0,09x <sup>2</sup> +47,26y+5, 07y <sup>2</sup> +7,12xy-7,12x- 17,95y-13,89	6,17- 29,22x+5,60x <sup>2</sup> +47,26y+5,07y <sup>2</sup> + 7,35xy-7,12x+17,95y-31,22
b*	63,18-3,12x+0,18x <sup>2</sup> +9,68y- 0,81y <sup>2</sup> -4,11xy+5,62x- 22,13y-87,35	63,18- 3,12x+0,18x <sup>2</sup> +60,16- 1,28y <sup>2</sup> -4,11xy+5,62x- 22,13y-16,39	63,18-9,68x- 0,81x <sup>2</sup> +60,2y+1,28y <sup>2</sup> - 4,11xy+5,62x-22,13y-10,36

### 3.3 DEGRADAÇÃO CINÉTICA

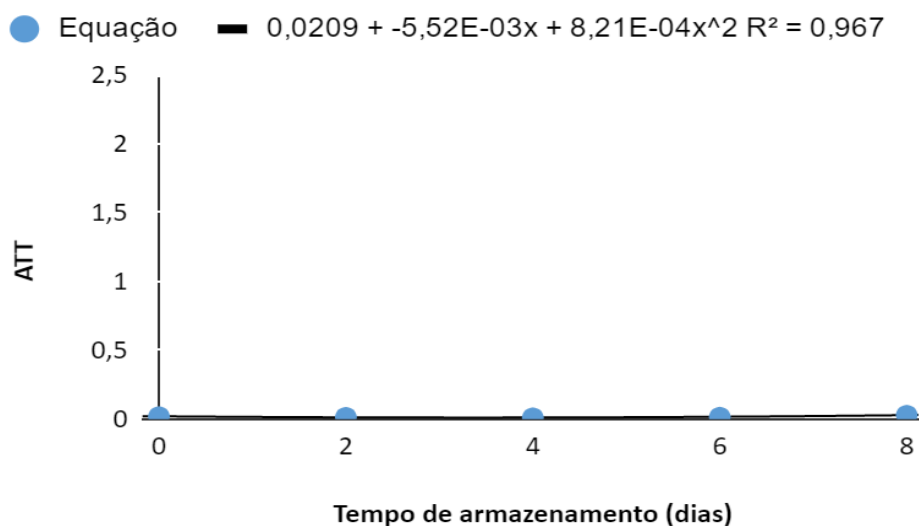
Os resultados obtidos no estudo cinético para o parâmetro pH (FIGURA 8), obteve um aumento do pH até o quarto dia a partir do sexto dia obteve uma leve diminuição do pH. Os resultados estão de acordo com Andrade *et al.* (2016) que avaliou o efeito da injúria mecânica por impacto na qualidade físico-química da manga Tommy Atkins e confirmaram que a manga Tommy Atkins é ácida e que possui pH menor que 4,5.

**Figura 8-** Equação de regressão e coeficiente de determinação pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias.



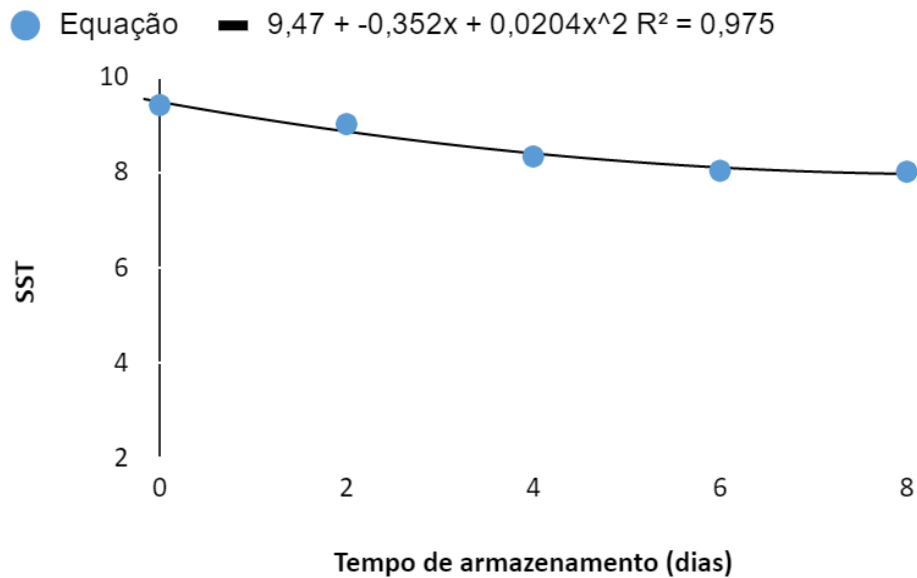
O resultado da cinética em relação à acidez total titulável foi aproximadamente constante durante os oito dias (FIGURA 9). Os valores de acidez total titulável da manga Tommy Atkins estão abaixo do desejável 0,60% (BARROS *et al.*, 2014).

**Figura 9-** Equação de regressão e coeficiente de determinação da acidez total titulável (ATT) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias.



Os resultados dos sólidos solúveis totais obteve uma leve diminuição do valor durante os oitos dias de conservação (FIGURA 10), os frutos quando armazenados em temperatura ambiente à medida que vão amadurecendo o teor de sólidos solúveis aumentam devido à conversão do amido em açúcares, a diminuição do teor demonstra que a refrigeração foi eficiente (ANDRADE *et al.*, 2016).

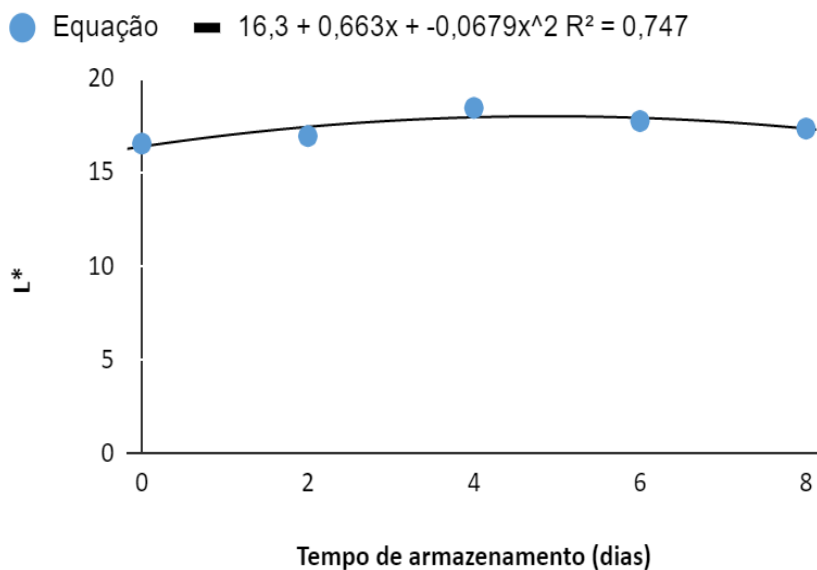
**Figura 10-** Equação de regressão e coeficiente de determinação de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias.



O parâmetro luminosidade obteve um leve acréscimo até o quarto dia e após um decréscimo do seu valor (FIGURA 11), o parâmetro  $L^*$  avalia a cor preta (0 preto absoluto) e branca (100 branco absoluto) (ALBERTON, 2014), logo o decréscimo a partir do sexto dia já é esperado devido ao escurecimento da fruta com o tempo de armazenamento, como essa diminuição foi pequena demonstra eficiência do tratamento ácido ascórbico que diminui o escurecimento enzimático das frutas.

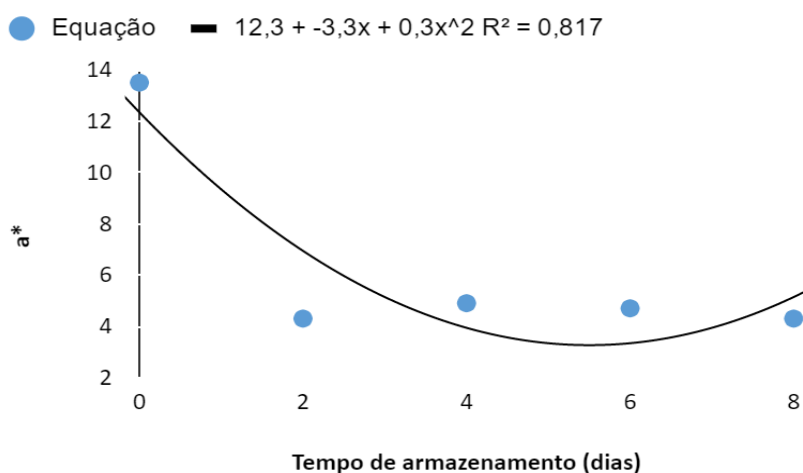
**Figura 11-** Equação de regressão e coeficiente de determinação do parâmetro cor ( $L^*$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias.

Em relação ao parâmetro  $a^*$  houve um decréscimo do primeiro em relação aos demais



(FIGURA 12), como o parâmetro  $a^*$  varia de (-60) verde e (+60) vermelho (ALBERTON, 2014), como a polpa da manga têm uma cor amarelo alaranjada durante os dias ela esteve mais próximo do vermelho que é a cor mais desejável.

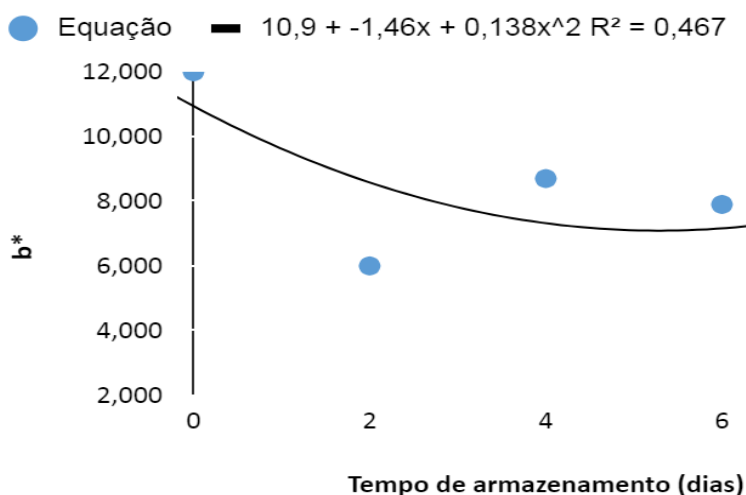
**Figura 12-** Equação de regressão e coeficiente de determinação do parâmetro cor ( $a^*$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias.



Em relação ao parâmetro  $b^*$  houve um aumento apenas do segundo para o quarto dia (FIGURA 13), como o parâmetro  $b^*$  varia de (-60) azul e (+60) amarelo (ALBERTON,

2014), como a polpa da manga têm uma cor amarelo alaranjada durante os dias ela esteve mais próximo da cor amarela que é a cor mais desejável.

**Figura 13-** Equação de regressão e coeficiente de determinação do parâmetro cor ( $b^*$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas sob temperatura de 2 °C durante oito dias.



A partir dos dados obtidos por meio da regressão linear foram determinados os parâmetros cinéticos; ordem de reação e constante de velocidade ( $k$ ). Equação 3:

$$\ln C = \ln C_0 - kt \quad (3)$$

Onde:

$C$  = valor final da variável avaliada

$C_0$  = valor inicial da variável avaliada

$t$  = tempo de degradação utilizado

Onde foi possível observar que para as variáveis pH, sólidos solúveis totais e cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) demonstraram um comportamento de reações de primeira ordem.

Para o pH foi observado um decréscimo no seu valor a partir do quarto dia já esperado que com a maturação o valor do pH da manga diminui (BARROS *et al.*, 2010). De acordo com Azeredo (2012) em uma reação de primeira ordem a qualidade se reduz com o tempo, porém a taxa da perda de qualidade cai. Para os comportamentos de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e

b\*), os resultados obtidos levando em consideração os dias de armazenamento que leva o fruto a obter uma cor mais escura estão de acordo com ALBERTON, 2014.

As reações de ordem zero onde as quantidades do produto se mantêm praticamente constantes são bastante comuns em alimentos (AZEREDO, 2012). Deste modo ficou evidenciado que a variação da análise de acidez total titulável apresentou um comportamento de reação de ordem zero.

Quanto as constantes de velocidade (k), são valores que indicam a velocidade de degradação do reagente relacionado, neste caso, a partir da TABELA 5 podem-se observar as constantes de velocidade de degradação dos componentes principais. Pode-se perceber, por exemplo, que a velocidade de degradação da acidez total titulável é a menor, estando de acordo com o gráfico de regressão linear onde se observa que o valor de acidez total titulável mantém-se praticamente constante.

**Tabela 5.** Ordem de reação e constante de velocidade da reação para as amostras analisadas.

Parâmetros Cinéticos	Ordem de Reação	Constante de Velocidade (k) (dias <sup>-1</sup> )
pH	1	0,0510
ATT	0	0,0011
SST	1°	0,1890
L*	1°	0,1200
a*	1°	0,9000
b*	1°	0,7685

#### 4. CONCLUSÕES

Os gráficos de pareto apresentados em tabela, demonstraram que as análises que obtiveram significância em relação às variáveis estudadas foram pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e cor (L\*, a\* e b\*).

As superfícies de resposta elaboradas a partir dos resultados do Pareto determinaram os melhores resultados das variáveis utilizadas: Temperatura de 2°C, e concentração de 2% para cada um dos inibidores.

O estudo cinético foi avaliado a partir dos valores das variáveis determinados na superfície de resposta, onde apenas o parâmetro acidez total titulável teve uma reação de ordem zero, o qual determina que houve pouca variação durante os dias de armazenamento.

A partir das ferramentas gráfico de pareto, superfície de resposta e estudo cinético foi verificado que as melhores condições para um melhor valor nutricional do processamento mínimo da manga Tommy Atkins é de 2 °C a temperatura, 2 % a concentração de cloreto de cálcio e 2 % a concentração de ácido ascórbico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTON, A.C.M. Caracterização da manga Tommy Atkins in natura e após a liofilização. **Trabalho de conclusão de curso**. Medianeira, pág. 1-53, 2014.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. ed.2, EMBRAPA, Brasília, DF, 2012.

BARBOSA, J.M.D., **Dissertação de mestrado**, PPGC/UFN, p.1-118, Junho de 2009.

BARROS, Paulo Nogueira, et al. ASPECTOS DE QUALIDADE DE MANGA 'TOMMY ATKINS' DO MERCADO ATACADISTA DE JUAZEIRO-BA. 2010.

BOAS, B. M.V. ; NUNES, E.M.; FIORINI, F.V.A.; LIMA, L.C.O.; BOAS, E.V.B.V.; COELHO, A.H.R. Avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.26 no.3 Jaboticabal Dec. 2004.  
COMPARINI, Anaisa, et al. Metodologia de superfície de resposta: uma introdução nos softwares R e STATISTICA. 2012.

CENCI, S.A.; GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; JUNIOR, M.F.. Boas práticas de processamento mínimo de vegetais na Agricultura Familiar. **Recomendações básicas para aplicação das Boas práticas Agropecuárias e de fabricação na Agricultura familiar**. 1º ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2006, v.2, p.59-63.

FURLANETO, F.de P.B.; SOARES, A.de A. U.L.; BERTANI, R.M. de A. Caracterização técnica e econômica da manga "tommy atkins". **Revista: Pesquisa e tecnologia**, v.12, n.2, jul-dez 2015.

GALDÁMEZ, E.V.C. Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos na melhoria da qualidade de um processo de fabricação de produtos plásticos. **Tese de mestrado**. Universidade de São Paulo. São Carlos/SP. pág. 1-133, 2002.

GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; JUNIOR, M.F; CENCI, S. A. Hortaliças minimamente processadas. **EMBRAPA**. Brasília, DF. 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/114310/1/00076170.pdf>. Acesso em 07/02/2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 1. ed. Digital. São Paulo: IAL, 2008.  
MIGUEL, L.C.O.; LIMA, R.K.B.; SANTOS, E.C.; FERREIRA, L.L.; SILVA, F.S.O.; OLIVEIRA, N.P.S.; SILVA, V.L.F.; SILVA, T.F. Qualidade química e físico-química de mangas após armazenada sobre refrigeração. **Anais**. Agropecuária científica do semiárido. Mossoró-RN;2015.

SILVA, D.F.P.; CABRINF, E.C.; ALVES, R.R.; SALOMÃO, L.C.C. Uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento do pericarpo de Lichia. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.32, n.2, p.618-627, 2010.

SILVA, W.B. Efeito do cloreto de cálcio e do uso de cobertura comestível a base de quitosana na conservação pós colheita do mamão UENF, calimon01. **Trabalho de defesa de mestrado**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, p. 1-128, 2014.



VASCONCELOS, E.J.P. Produtos minimamente processados. **Trabalho de conclusão de curso.** Faculdade de ciências da nutrição e alimentação da Universidade do Porto, Porto, 2005.

## ANEXOS

### ANEXO I- ANOVA

**Figura 14-** ANOVA do parâmetro pH.

ANOVA; Var.:pH; R-sqr=,72087; Adj:,.36199 (TCC) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Residual=,078339 DV: pH					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)T (°C)(L)	0,060423	1	0,060423	0,771306	0,408944
T (°C)(Q)	0,001947	1	0,001947	0,024851	0,879189
(2)AA (%) (L)	0,391208	1	0,391208	4,993778	0,060552
AA (%) (Q)	0,060976	1	0,060976	0,778360	0,406917
(3)CaCl2 (%) (L)	0,481201	1	0,481201	6,142551	0,042308
CaCl2 (%) (Q)	0,000012	1	0,000012	0,000147	0,990657
1L by 2L	0,198450	1	0,198450	2,533222	0,155499
1L by 3L	0,198450	1	0,198450	2,533222	0,155499
2L by 3L	0,008450	1	0,008450	0,107865	0,752195
Error	0,548373	7	0,078339		
Total SS	1,964576	16			

**Figura 15-** ANOVA do parâmetro acidez total titulável (ATT).

ANOVA; Var.:ATT; R-sqr=,44262; Adj:0, (TCC) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=,000283 DV: ATT					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)T (°C)(L)	0,05578	1	0,055778	197,096	0,005035
T (°C)(Q)	1,09936	1	1,099358	3884,656	0,000257
(2)AA (%) (L)	1,09174	1	1,091735	3857,723	0,000259
AA (%) (Q)	1,05010	1	1,050098	3710,594	0,000269
(3)CaCl2 (%) (L)	0,71616	1	0,716161	2530,605	0,000395
CaCl2 (%) (Q)	1,02589	1	1,025892	3625,059	0,000276
1L by 2L	0,36551	1	0,365512	1291,564	0,000773
1L by 3L	0,32401	1	0,324012	1144,920	0,000872
2L by 3L	1,20901	1	1,209013	4272,129	0,000234
Lack of Fit	7,25455	5	1,450910	5126,889	0,000195
Pure Error	0,00057	2	0,000283		
Total SS	13,01656	16			

**Figura 16-** ANOVA do parâmetro sólidos solúveis totais (SST).

ANOVA; Var.:STT; R-sqr=,5245; Adj:0, (TCC) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=,3333333 DV: STT					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)T (°C)(L)	13,31719	1	13,31719	39,95157	0,024128
T (°C)(Q)	7,11584	1	7,11584	21,34753	0,043790
(2)AA (%) (L)	2,02770	1	2,02770	6,08311	0,132492
AA (%) (Q)	5,61954	1	5,61954	16,85863	0,054512
(3)CaCl2 (%) (L)	9,16044	1	9,16044	27,48133	0,034515
CaCl2 (%) (Q)	6,49615	1	6,49615	19,48846	0,047673
1L by 2L	0,00000	1	0,00000	0,00000	1,000000
1L by 3L	0,02000	1	0,02000	0,06000	0,829336
2L by 3L	13,26125	1	13,26125	39,78375	0,024226
Lack of Fit	44,59659	5	8,91932	26,75795	0,036416
Pure Error	0,66667	2	0,33333		
Total SS	95,19029	16			

**Figura 17-** ANOVA do parâmetro cor L\*.

ANOVA; Var.:L*; R-sqr=,66746; Adj:.,2399 (TCC) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=2,350833 DV: L*					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)T (°C)(L)	412,663	1	412,6628	175,5389	0,005649
T (°C)(Q)	165,048	1	165,0484	70,2085	0,013946
(2)AA (%) (L)	75,507	1	75,5073	32,1194	0,029751
AA (%) (Q)	89,517	1	89,5174	38,0790	0,025270
(3)CaCl2 (%) (L)	64,394	1	64,3944	27,3921	0,034622
CaCl2 (%) (Q)	52,760	1	52,7598	22,4430	0,041784
1L by 2L	88,778	1	88,7778	37,7644	0,025473
1L by 3L	66,413	1	66,4128	28,2508	0,033622
2L by 3L	180,025	1	180,0253	76,5794	0,012808
Lack of Fit	540,204	5	108,0409	45,9585	0,021432
Pure Error	4,702	2	2,3508		
Total SS	1638,595	16			

**Figura 18-** ANOVA do parâmetro cor a\*.

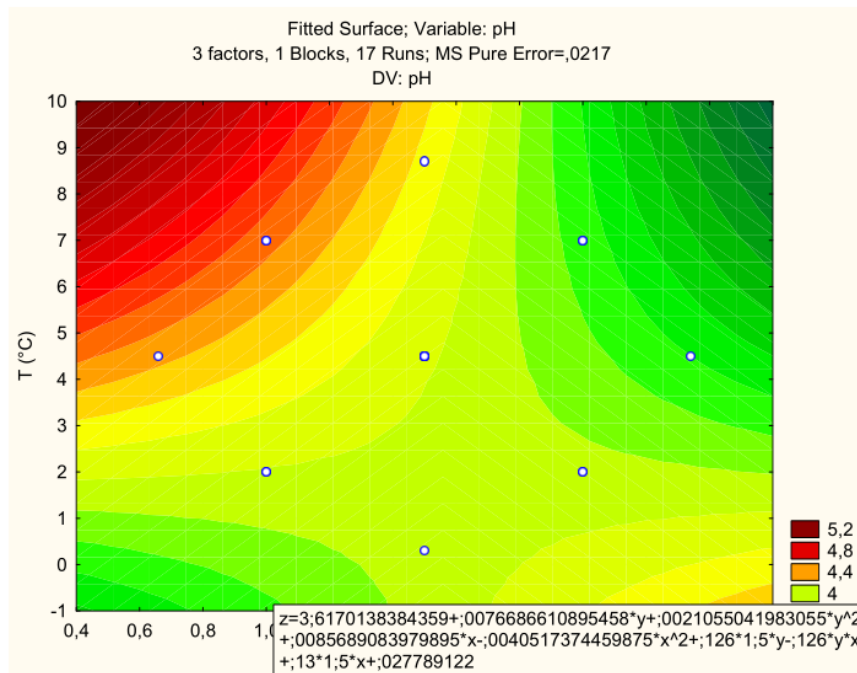
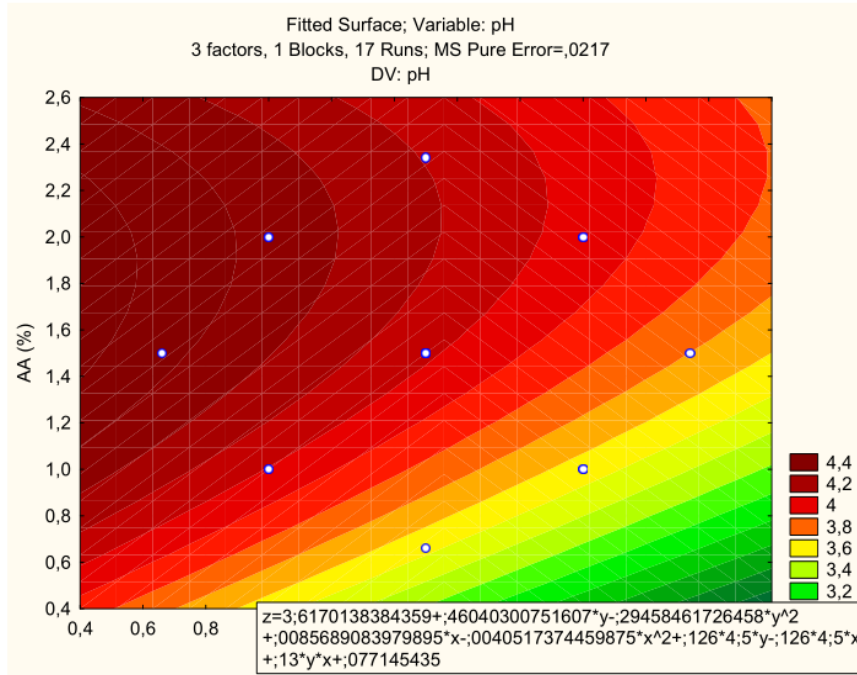
ANOVA; Var.:a*; R-sqr=,57527; Adj:.,02919 (TCC) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=2,385833 DV: a*					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)T (°C)(L)	464,411	1	464,4111	194,6536	0,005098
T (°C)(Q)	3,625	1	3,6246	1,5192	0,342969
(2)AA (%) (L)	133,750	1	133,7505	56,0603	0,017374
AA (%) (Q)	22,049	1	22,0486	9,2415	0,093310
(3)CaCl2 (%) (L)	41,821	1	41,8208	17,5288	0,052589
CaCl2 (%) (Q)	18,063	1	18,0633	7,5711	0,110597
1L by 2L	675,281	1	675,2813	283,0379	0,003514
1L by 3L	633,680	1	633,6800	265,6011	0,003744
2L by 3L	161,101	1	161,1013	67,5241	0,014488
Lack of Fit	1576,049	5	315,2098	132,1173	0,007529
Pure Error	4,772	2	2,3858		
Total SS	3721,939	16			

**Figura 19-** ANOVA do parâmetro cor b\*.

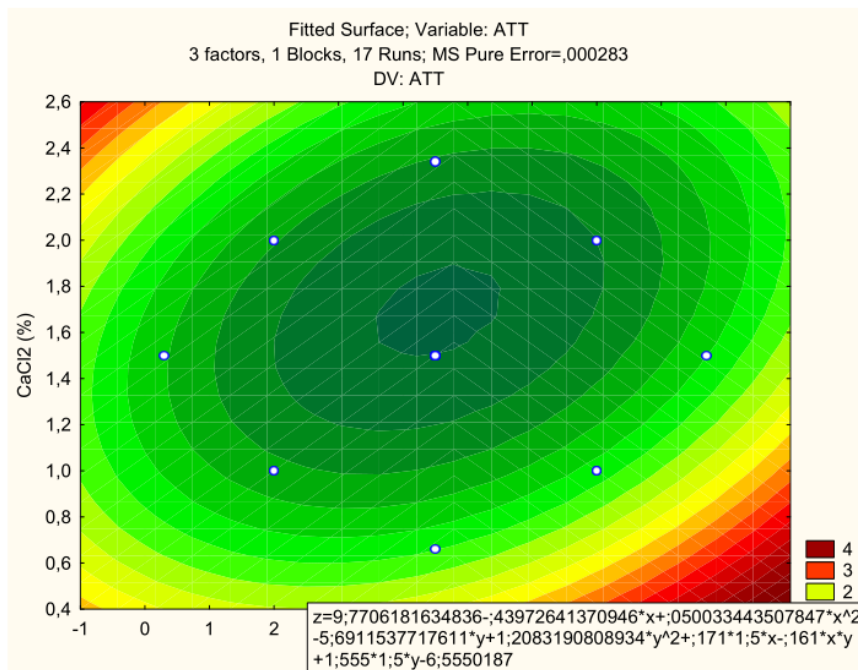
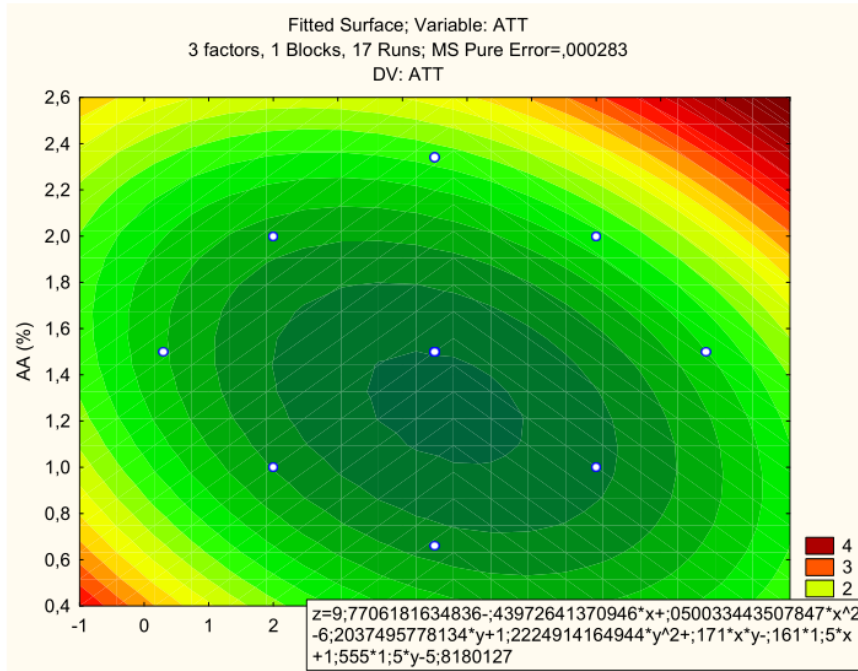
ANOVA; Var.:b*; R-sqr=,48175; Adj:0, (TCC) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=6,725833 DV: b*					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)T (°C)(L)	53,482	1	53,4824	7,95178	0,106115
T (°C)(Q)	14,952	1	14,9523	2,22311	0,274455
(2)AA (%) (L)	22,552	1	22,5523	3,35309	0,208556
AA (%) (Q)	0,459	1	0,4586	0,06819	0,818422
(3)CaCl2 (%) (L)	15,669	1	15,6692	2,32970	0,266464
CaCl2 (%) (Q)	1,156	1	1,1557	0,17184	0,718717
1L by 2L	211,665	1	211,6653	31,47050	0,030337
1L by 3L	394,103	1	394,1028	58,59539	0,016641
2L by 3L	244,758	1	244,7578	36,39070	0,026396
Lack of Fit	1020,302	5	204,0604	30,33980	0,032214
Pure Error	13,452	2	6,7258		
Total SS	1994,685	16			

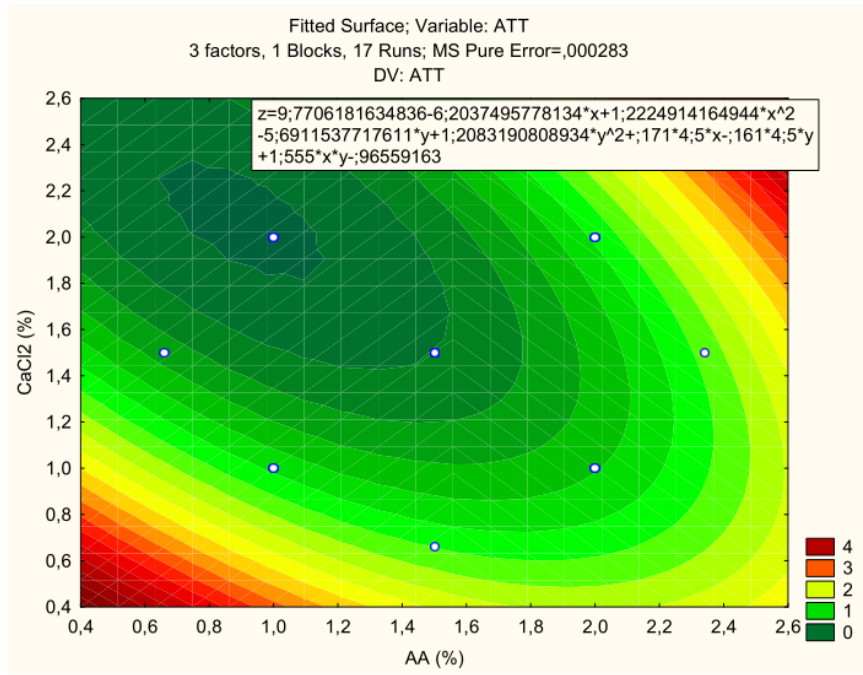
## ANEXO II- Gráficos de contorno das superfícies de resposta

**Figura 20-** Superfície de contorno parâmetro pH

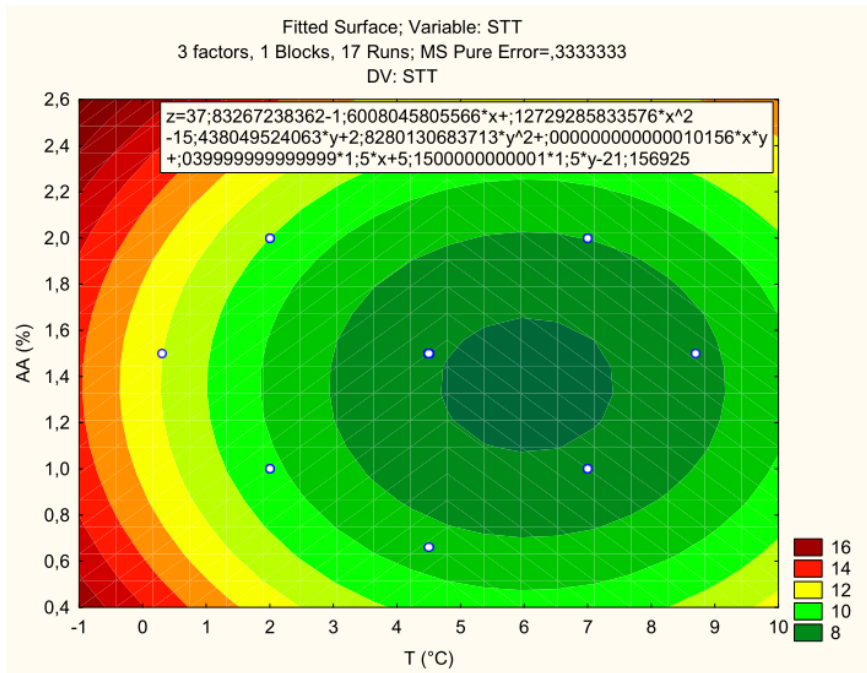


**Figura 21-** Superfícies de contorno parâmetro acidez total titulável (ATT)





**Figura 22-** Superfícies de contorno parâmetro sólidos solúveis totais (SST).



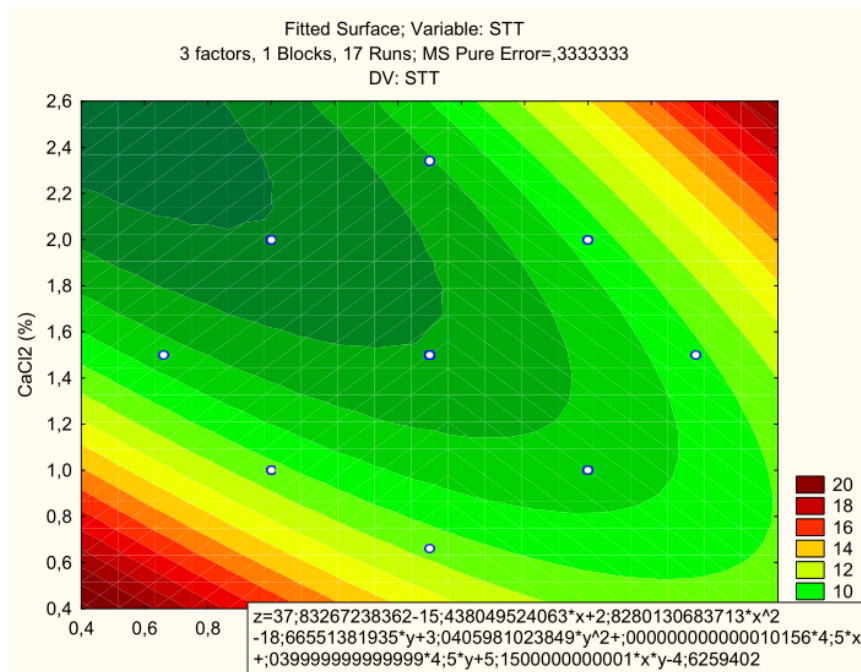
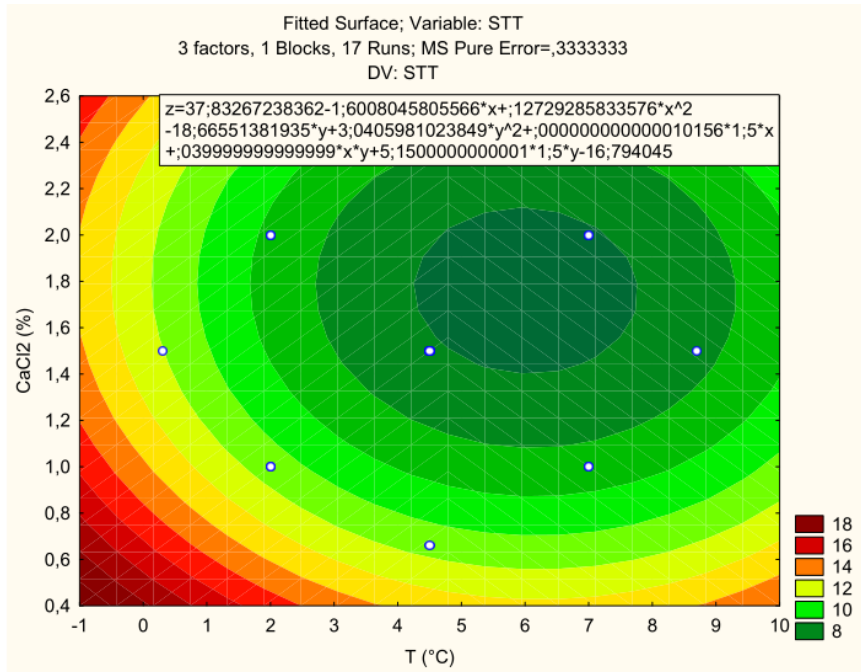
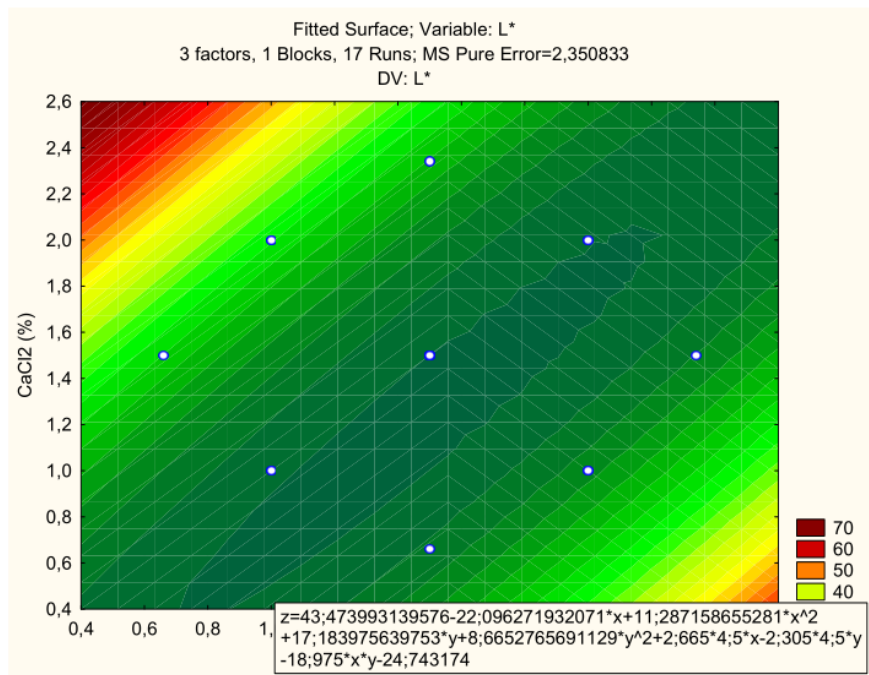
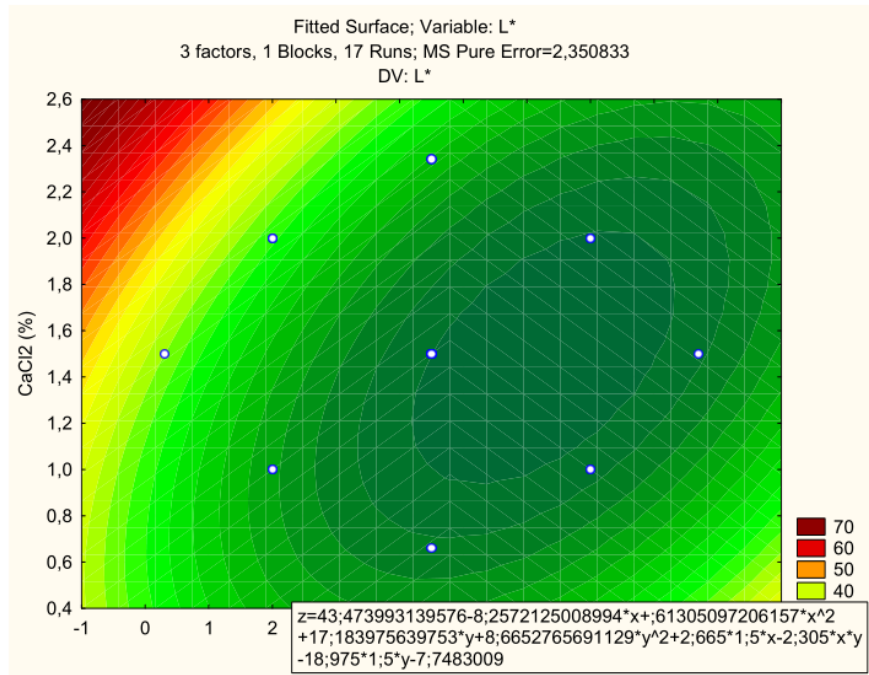
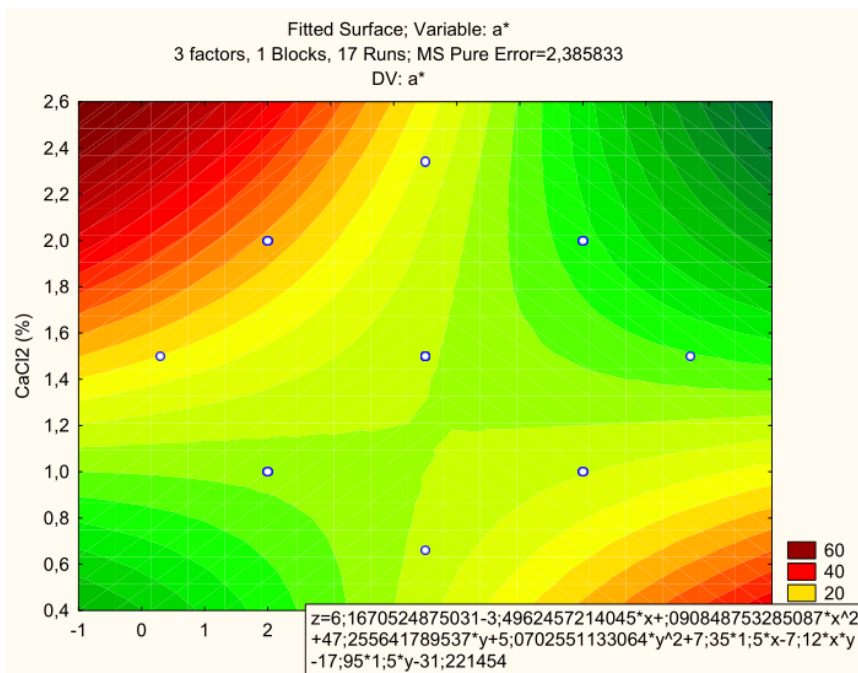
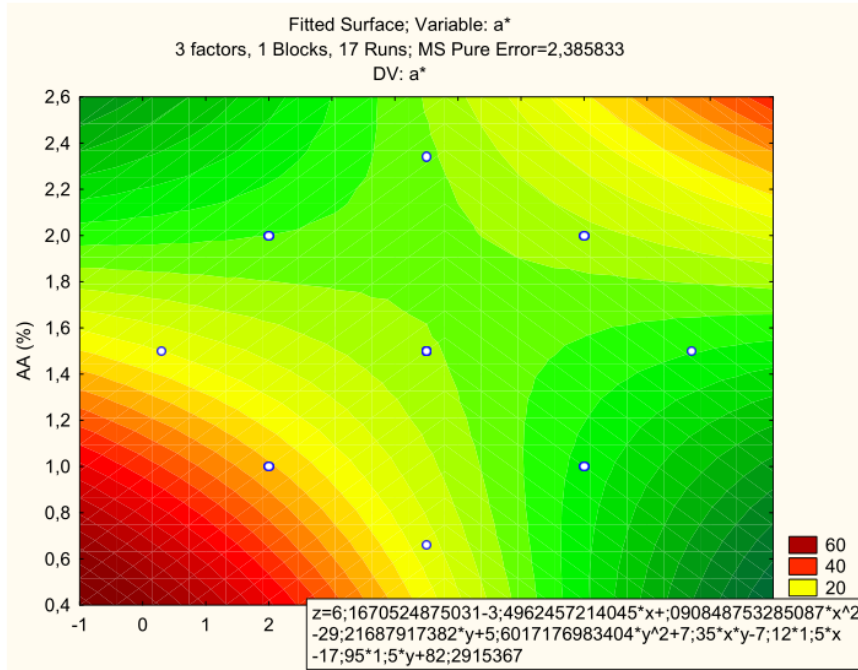


Figura 23- Superfícies de contorno parâmetro Luminosidade (L\*).



**Figura 24-** Superfícies de contorno parâmetro cor (a\*).





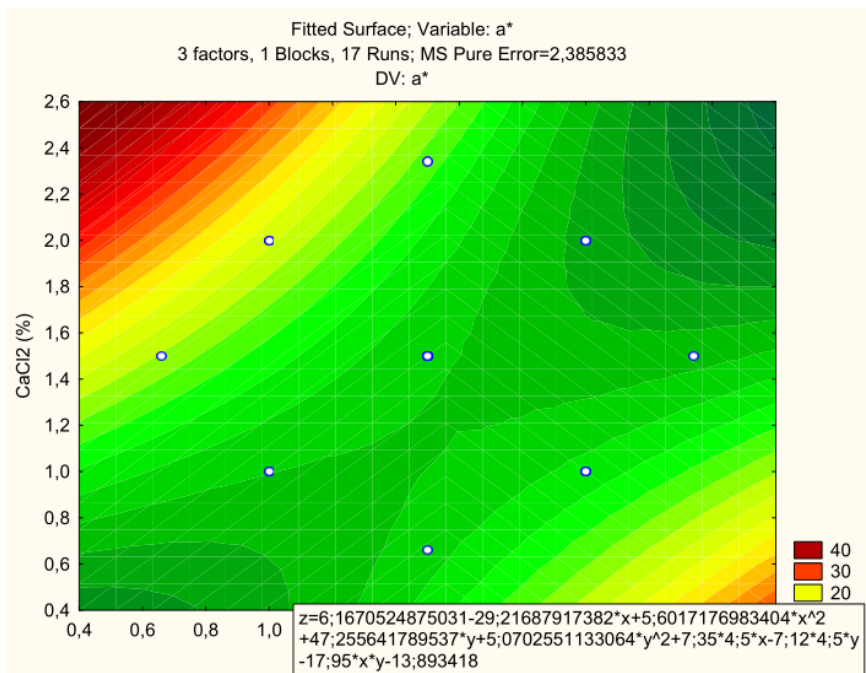


Figura 25- Superfícies de contorno parâmetro cor (b\*).

