



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE – PRODEMA**

LINDOVAL SERRANO DA FONSECA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO REVESTIMENTO DE
QUITOSANA PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE CAMARÃO PARA O USO
NA MAÇARANDUBA (*Manilkara triflora*)**

**JOÃO PESSOA - PB
2023**

LINDOVAL SERRANO DA FONSECA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO REVESTIMENTO DE
QUITOSANA PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE CAMARÃO PARA O USO NA
MAÇARANDUBA (*Manilkara triflora*)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Linha de Pesquisa: Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Célio Souza Rocha.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Vasconcelos de Oliveira.

**JOÃO PESSOA - PB
2023**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

ATA Nº 570 / 2023 - PRODEMA – MEST

João Pessoa-PB, 01 de março de 2023

Ata da 570ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação LINDOVAL SERRANO DA FONSECA do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Mestrado, na área de Desenvolvimento e Meio Ambiente. No primeiro dia do mês de março do ano de dois mil e vinte e três, às 14h00min, reuniram-se na sala virtual meet.google.com/wvc-fvbi-gqt, nos termos do art. 82 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação “stricto sensu” da UFPB, anexo à Resolução CONSEPE no 79/2013, a Banca Examinadora, composta pelos professores(as) doutores(as): PAULO ROTELLA JUNIOR, UFPB, examinador(a) externo(a) ao Programa, MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA, UFPB, examinadora interna e LUIZ CELIO SOUZA ROCHA, UFPB, orientador(a) - presidente. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do(a) presidente da banca, LUIZ CELIO SOUZA ROCHA, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou o(a) candidato(a) que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada “AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA PROVENIENTE DE RESÍDUOS DE CAMARÃO PARA O USO NA MAÇARANDUBA (Manilkara triflora)”, presidente, passou a palavra o(a) professor(a) Dr(a) PAULO ROTELLA JUNIOR, para arguir o(a) candidato(a), e, em seguida, ao(a) professor(a) Dr(a) MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA, para fazer o mesmo. Após alguns comentários sobre a defesa, o(a) presidente da banca examinadora solicitou a retirada da platéia para que a banca pudesse proceder com a avaliação do(a) discente em sessão secreta. Na sequência, a banca examinadora atribuiu o conceito (**APROVADO**), conforme o art. 83 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPB Nº 79/2013.

Documento assinado digitalmente
 LUIZ CELIO SOUZA ROCHA
Data: 01/03/2023 17:37:52-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

LUIZ CELIO SOUZA ROCHA
Presidente/orientador

Assinatura digital abaixo
PAULO ROTELLA JUNIOR
Examinador externo

Assinatura digital abaixo
MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA
Examinadora interna

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F676a Fonseca, Lindoval Serrano da.

Avaliação da viabilidade técnica do revestimento de quitosana proveniente de resíduos de camarão para o uso na maçaranduba (manilkara triflora) / Lindoval Serrano da Fonseca. - João Pessoa, 2023.

114 f. : il.

Orientação: Luiz Célio Souza Rocha.

Coorientação: Carlos Eduardo Vasconcelos Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Revestimento de frutas - Produção. 2. Maçaranduba - Fruta. 3. Resíduos de camarão. I. Rocha, Luiz Célio Souza. II. Oliveira, Carlos Eduardo Vasconcelos de. III. Título.

UFPB/BC

CDU 664(043)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Luiz Célio Souza Rocha, por todo apoio e orientação durante todo o mestrado e por sempre me ajudar a solucionar os desafios do mestrado.

Quero também agradecer ao meu coorientador, Professor Dr. Carlos Eduardo Vasconcelos de Oliveira, por acreditar em mim e por ter me ajudado e apoiado durante os experimentos realizados no laboratório.

Gostaria de agradecer às técnicas do laboratório do Centro Universitário - UNIESP que me ajudaram durante toda a pesquisa e me auxiliaram durante minha passagem pelo Laboratório e à instituição UNIESP, de onde sou egresso, e que abriu as portas para utilizar o Laboratório para Pesquisa do Mestrado. Ao LACOM, e ao LCCQS por ter permitido as análises dentro dos laboratórios da UFPB, meus sinceros agradecimentos.

À minha família que sempre apoiou meus estudos, me ajudou a nunca desistir de realizar meus sonhos e que sempre me deu apoio em todos os momentos, em especial à minha mãe Maria de Lourdes Serrano que buscou sempre me apoiar durante essa jornada. Agradeço à minha esposa Sayuri Raissa, pelo apoio incondicional durante todo meu mestrado e que sempre me incentivou a realizar meus sonhos.

Aos professores Dr. Paulo Rotella Junior e Dr^a. Maria Cristina Crispim que fizeram parte da banca de qualificação e defesa final, agradeço pela disponibilidade, contribuições e apoio na elaboração final da dissertação.

Agradeço ao PRODEMA, aos professores e à coordenação do curso, pois foram fundamentais durante toda essa caminhada. A todos que antes de mim contribuíram para o conhecimento científico da área e aos que através de suas contribuições me ajudaram a realizar essa pesquisa, para fazer minha própria contribuição ao meio acadêmico, meu muito obrigado. É uma honra participar dessa história, e que todos possam fazer a magna ciência para ajudar nossa sociedade.

Quero agradecer por fim, a todas as pessoas, mesmo as que eu não citei, todas foram fundamentais. A partir de agora estou pronto para continuar meus estudos acadêmicos, estou realizando a minha vontade de pesquisar, desbravar novos conhecimentos e assim continuarei por toda minha vida, Obrigado!

Dedico a todos que vieram antes de mim e para todos que virão a seguir...

RESUMO

A Maçaranduba é uma fruta nativa do Nordeste, Norte e Centro-Oeste, presente na Mata Atlântica, Cerrado e região Amazônica, ela pode ser encontrada em alguns estados como a Paraíba, porém ainda é uma fruta relativamente desconhecida. Aumentar a produção do fruto é necessário para torná-la uma fruta com destaque e trazer ganhos econômicos para seus produtores. Para isso é necessário aumentar o tempo de vida de prateleira do fruto, para que a fruta seja transportada para maiores distâncias a fim de buscar novos mercados, e isso pode ser realizado através de tecnologias sustentáveis como o revestimento de frutas. Desse modo, a aplicação de revestimento em frutas aparece como uma alternativa sustentável para a manutenção da qualidade do fruto. Outra importante atividade econômica da região nordeste é a criação do camarão. Porém, muitos resíduos do beneficiamento do camarão são descartados sem os cuidados necessários e acabam poluindo o meio ambiente e buscar a destinação adequada para esses resíduos é fundamental. A partir desses resíduos pode-se extrair a quitina e produzir a quitosana, um biopolímero com potencial de revestimento de fruta que tem mostrado eficácia comprovada no aumento da vida de prateleira e na manutenção de propriedades organolépticas de frutas em estudos anteriores. O objetivo do presente estudo é verificar a viabilidade técnica do revestimento da maçaranduba com a quitosana extraída de resíduos de camarão, visando aumentar o tempo da vida de prateleira, trazendo benefícios para o meio ambiente com a reutilização de resíduos de camarão. A metodologia proposta busca otimizar a extração da quitosana, utilizar a quitosana extraída para revestir a maçaranduba e verificar por meio de análises físicas e químicas e estatísticas os efeitos da aplicação do revestimento durante 20 dias em frutas armazenadas em temperatura ambiente e de refrigeração. Foi obtida a quitosana de resíduos de camarão com grau de desacetilação de 80,53%. Por meio da otimização multiobjetivo os parâmetros ideais do processo de extração de quitosana foram encontrados, obtendo-se rendimento de 3,637g/100g e pureza de 84,584%. Após revestimento dos frutos, as análises físicas e químicas realizadas apresentaram diferenças estatisticamente significantes nos testes ANOVA e Tukey ($p\text{-value}<0,05\%$), sendo possível concluir que os frutos armazenados em temperatura de refrigeração tiveram maior tempo de prateleira em comparação aos frutos em temperatura ambiente. Também foi verificado que os frutos revestidos com quitosana e a quitosana comercial em temperatura de refrigeração conseguiram manter as características físicas, químicas e organolépticas por maior período de tempo em comparação aos grupos sem revestimento.

Palavras-Chave: Maçaranduba, Quitosana, Resíduos de Camarão, Superfície de Resposta, Revestimento de Frutas.

ABSTRACT

Maçaranduba is a fruit native to the Northeast, North and Midwest, present in the Atlantic Forest, Cerrado and the Amazon region, it can be found in some states such as Paraíba, but it is still a relatively unknown fruit. Increasing fruit production is necessary to make it a prominent fruit and bring economic gains to its producers. For this, it is necessary to increase the shelf life of the fruit, so that the fruit is transported over greater distances in order to seek new markets, and this can be done through sustainable technologies such as fruit coating. Thus, the application of fruit coating appears as a sustainable alternative for maintaining fruit quality. Another important economic activity in the northeast region is shrimp farming. However, many residues from shrimp processing are discarded without the necessary care and ending polluting the environment. From these residues, chitin can be extracted and chitosan produced, which is a biopolymer with potential for coating fruit that has shown proven effectiveness in increasing the shelf life and maintaining organoleptic properties of fruits in previous studies. The objective of this work is to verify the technical viability of covering maçaranduba with chitosan extracted from shrimp waste, aiming to increase the shelf life, in addition to bringing benefits to the environment with the reuse of shrimp waste. The proposed methodology seeks to optimize the chitosan extraction, use the extracted chitosan to coat the maçaranduba and verify, through physical, chemical and statistical analysis, the effects of applying the coating for 20 days on fruits stored at room and refrigerated temperatures. Chitosan was obtained from shrimp waste with a degree of deacetylation of 80.53%. Through multi-objective optimization, the ideal parameters for the chitosan extraction process were found, obtaining a yield of 3.637g/100g and a purity of 84.584%. After coating the fruits, the physical and chemical analysis performed showed statistically significant differences in the ANOVA and Tukey tests ($p\text{-value} < 0.05\%$), making it possible to conclude that the fruits stored at refrigerated temperature had a longer shelf life compared to the fruits at room temperature. It was also verified that the fruits coated with chitosan and commercial chitosan at refrigerated temperature managed to maintain the physical, chemical and organoleptic characteristics for a longer period of time compared to the uncoated groups.

Key-words: Maçaranduba, Chitosan, Shrimp Residues, Response Surface, Fruit Coating.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Desacetilação de Quitina em Quitosana	23
Figura 2 - Utilização da Quitosana	25
Figura 3 - Arranjo experimental CCD para três fatores.....	29
Figura 4 - Método de Imersão	34
Figura 5 - Método <i>layer-by-layer</i>	34
Figura 6 - Método de <i>Spraying</i>	35
Figura 7 - Fluxograma de Extração de Quitosana	41
Figura 8 - Exemplo de Fronteira de Pareto.....	43
Figura 9 - Gráfico do Infravermelho da Quitosana	49
Figura 10 - Gráfico do DSC	49
Figura 11 - Gráfico do TGA.....	50
Figura 12 - Gráficos do FTIR das Quitosanas extraídas	53
Figura 13 - Gráficos de efeito principal para Rendimento (g) e Pureza (%).....	56
Figura 14 - Superfície de resposta para Rendimento (g) e Pureza (%).....	57
Figura 15 - Fronteira de Pareto entre Rendimento (g) e Pureza (%).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variável de Temperatura Mínima e Máxima	31
Tabela 2- Variável de Tempo Mínimo e Máximo	31
Tabela 3 - Propriedades das tecnologias de revestimento de frutos	32
Tabela 4 - Delineamento Fatorial	42
Tabela 5 - Parâmetros usados nos experimentos.....	51
Tabela 6 - CCD para Rendimento (g) e Pureza (%).....	52
Tabela 7 - Modelos matemáticos para as funções objetivo.....	54
Tabela 8 - Resultados da otimização multiobjetivo.....	57
Tabela 9 - Intervalos de confiança para o ponto ótimo.....	58
Tabela 10 - Resultados dos experimentos de confirmação.....	59
Tabela 11 - Análise de Atividade de Água (A_w)	59
Tabela 12 - Análise de Sólidos Solúveis	61
Tabela 13 - Análise de Resíduo Mineral Fixo.....	62
Tabela 14 - Análise de Teor de Umidade.....	63
Tabela 15 - Análise de Acidez Livre.....	64
Tabela 16 - Análise de pH.....	65
Tabela 17 - Análise de Perda de Massa.....	66
Tabela 18 - Análise Cor.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO

ANOVA - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CCD - CENTRAL COMPOSITE DESIGN

DTA - DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

DOE - DESIGN OF EXPERIMENTS

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA

HCL - ÁCIDO CLORIDRÍCO

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

MSR - METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

NaOH - HIDRÓXIDO DE SÓDIO

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

ODS - OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PAA - PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS

PNAE - PROGRAMA NACIONAL DE ALIMENTAÇÃO ESCOLAR

pH - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

SiBBR - SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. HIPÓTESES	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1 O FRUTO MAÇARANDUBA.....	16
4.2 CARCINICULTURA E SEUS RESÍDUOS	19
4.3 QUITOSANA: CONCEITOS E APLICAÇÕES....	23
4.4 EXTRAÇÃO DA QUITOSANA DE RESÍDUOS DE CAMARÃO	26
4.5 MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO DE EXTRAÇÃO DE QUITOSANA.....	27
4.5 TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO E SEUS RESULTADOS	31
4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	36
5. METODOLOGIA.....	40
5.1 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA.....	40
5.2 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA QUITOSANA	42
5.3 REVESTIMENTO DA MAÇARANDUBA	44
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6.1 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA.....	47
6.2 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA QUITOSANA	50
6.3 REVESTIMENTO DA MAÇARANDUBA	59
7. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	73
ANEXOS	85

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a produção mundial de frutas apresenta um crescimento contínuo, visto que no triênio de 1989 a 1991 a produção teria sido de 420 milhões de toneladas ultrapassando os 500 milhões de toneladas anuais no ano de 1996, e no ano de 2019 a produção chegou a 883,8 milhões de toneladas no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas, atualmente sendo responsável por 4,5% da produção mundial, ficando atrás apenas de China e Índia que produzem 27,9% e 11,8%, respectivamente (FAO, 2020).

O aumento da eficiência na produção de frutas é uma tarefa importante para a agricultura moderna que tem como objetivo aumentar sua produção visando aumentar os lucros. Para isso, evitar perdas que venham gerar prejuízos é de fundamental importância para seus produtores. Atualmente, muitos estudos têm como foco principal diminuir situações que venham causar perdas após sua colheita, principalmente devido a patógenos que acometem as frutas, e que causam, além de prejuízos financeiros, problemas à saúde humana (CASEMIRO, 2019).

Buscar variedades de espécies de frutas para comercialização é importante, pois a fruticultura do país pode tornar o mercado ainda mais abrangente. A disponibilidade de novas de espécies de frutas permitirá que os consumidores tenham novas opções de consumo, aumentando ainda mais o mercado consumidor como um todo, sendo uma forma de estratégia de mercado. Além disso, vale ressaltar que o Brasil tem potencial de crescimento, tanto como consumidor quanto como produtor de frutas (SENAR, 2017).

A maçaranduba é uma fruta do gênero *Manilkara triflora* (Allemão) Monach, pertencente à família das sapotáceas. Está presente na Mata Atlântica, região Amazônica e no Cerrado, sendo uma fruta nativa dessas regiões. Seus frutos são do tipo bagos, pequenos, esféricos, alaranjados na fase de maturação, vermelhos quando maduros, possuindo sabor adstringente quando imaturo e sabor adocicado quando bem maduros (SiBBr, 2022).

Apesar de ser um fruto pouco conhecido no Brasil, ele tem um potencial ainda não explorado para comercialização em larga escala, sendo uma alternativa viável para o mercado consumidor de frutas, podendo gerar lucros para seus produtores. Uma vez que seu consumo é comum apenas por moradores das regiões onde os frutos estão presentes, ampliar seu mercado consumidor pode colocar a fruta em outro patamar econômico (FACHINELLO, 2004).

Outro importante produto brasileiro é o camarão que tem grande relevância no cenário mundial de pescados. Atualmente, o camarão é comercializado em larga escala no mundo todo, sendo uma *commodity* internacional que movimenta grandes cifras no mercado financeiro, principalmente o produto da espécie *Litopenaeus vannamei*. No geral, os camarões são responsáveis por 15% de todas as negociações globais de pescados, em que no ano de 2018 ocorreu um novo recorde em sua pesca, sendo responsável por mais da metade da produção de crustáceos da aquicultura de todo o mundo (FAO, 2020).

Os dados estatísticos da Associação Brasileira de Criadores de Camarão mostram que a China é a maior produtora de camarões, representando 39% de toda a produção mundial, já o Brasil é o nono maior produtor contribuindo com 1,8% de toda produção de camarão do mundo (TAHIM, 2014).

A pesca do camarão causa impactos ambientais que vão além do impacto ecológico devido à atividade humana. Um exemplo disso são os resíduos gerados no beneficiamento do produto, principalmente o cefalotórax e o télson do camarão, que por terem baixo valor comercial, são descartados sem os devidos cuidados sanitários. Esse descarte traz graves problemas ao meio ambiente, sendo necessárias soluções para diminuir os impactos gerados por esses resíduos (AZEVEDO, 2014). Assim, o uso de resíduos é uma alternativa viável de sustentabilidade, principalmente os resíduos sólidos que podem ser reaproveitados, já que normalmente são descartados sem nenhum cuidado, virando lixo comum. Solucionar esse problema ambiental de resíduos e dar finalidade adequada sem causar impactos ao meio ambiente é um grande desafio para a sociedade (KANDRA, 2012).

Nesse sentido, começaram a surgir pesquisas visando o reaproveitamento dos resíduos de camarão. Por este ser um material constituído de polímeros biodegradáveis, pode ser uma fonte de matéria-prima barata para diversos produtos, causando baixo impacto no meio ambiente. Além disso, os resíduos do camarão podem ser uma solução para a produção de biopolímeros, se constituindo em uma alternativa ao uso de polímeros sintéticos.

Os biopolímeros à base de quitosana, como os obtidos a partir dos resíduos do camarão, tem um grande potencial para serem utilizados pela indústria de alimentos (MARTINS *et al.*, 2022). Mais especificamente, o uso da quitosana em revestimento de frutas vem sendo estudado nos últimos anos, se constituindo em uma alternativa

tecnologicamente sustentável, haja vista que seu revestimento aumenta o tempo de vida de prateleira de frutas (SHIEKH, 2010).

Além disso, aperfeiçoar o processo de extração de quitosana a partir desses resíduos, visando um maior rendimento e qualidade do produto pode ser uma alternativa para trazer maior previsibilidade, controle e viabilidade para a produção. A otimização é uma ferramenta matemática, utilizada em processos químicos como o processo de extração para obter resultados satisfatórios que tem como objetivo principal fornecer uma resposta que facilite o processo de tomada de decisão. Aliado ao processo de otimização tem-se o planejamento experimental, com uma grande aplicabilidade em diversos tipos de projetos (SILVA, 2021).

Diante do exposto, o presente trabalho busca a utilização de resíduos de camarão descartados na natureza para a extração de quitosana, visando otimizar seu processo em busca do melhor rendimento e grau de pureza do material extraído. Além disso, busca-se testar a quitosana extraída como um biopolímero de revestimento para a maçaranduba visando uma maior conservação do fruto e, conseqüentemente, o aumento de sua vida de prateleira.

Sabe-se que atualmente os resíduos sólidos geram impactos negativos no meio ambiente, e a visão integral sobre os impactos causados por esses resíduos, gera uma nova perspectiva sobre a destinação dos resíduos de camarão. Além disso, a integração do pensamento científico interdisciplinar ajuda a solucionar esse problema de descarte dos resíduos usando as Ciências Ambientais e as demais ciências para a reutilização adequada desses materiais.

Por fim, destaca-se que o presente estudo está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) desenvolvidos pela ONU para alcançar metas sustentáveis até 2030 entre diferentes campos do conhecimento. Esses objetivos foram acordados entre 193 países do mundo que são membros da ONU no ano de 2015. São 17 objetivos sendo compostos por 169 metas. Sendo pautada em cinco princípios importantes para a nossa sociedade chamados de “5 Ps” são eles: as Pessoas, a Prosperidade, a Paz Mundial, as Parcerias Globais e o Planeta. O trabalho contempla a meta número 2 da campanha, que é a Fome zero e Agricultura Sustentável, tendo como objetivo erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar e melhorar a nutrição, e promover a agricultura sustentável no mundo (ONU, 2020).

2. HIPÓTESES

As hipóteses são: 1. É possível otimizar o processo de extração de quitosana a partir de resíduos de camarão visando obter maior rendimento e grau de pureza; 2. A quitosana extraída da carapaça do camarão pode ser reutilizada como revestimento de frutas; 3. A maçaranduba revestida com quitosana extraída de resíduos de camarão possui maior tempo de vida de prateleira.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade técnica do revestimento de quitosana proveniente de resíduos de camarão para revestir a maçaranduba (*Manilkara triflora*).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reutilizar os resíduos de camarão para extração da quitina;
- Extrair quitosana da quitina proveniente do camarão;
- Caracterizar a quitosana extraída de resíduos do camarão;
- Otimizar o processo de desacetilação da quitosana;
- Produzir um revestimento à base de quitosana para revestir a maçaranduba;
- Verificar, por meio de experimentos, como o revestimento de quitosana impacta os parâmetros físicos e químicos do fruto.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 O FRUTO MAÇARANDUBA

A maçaranduba foi descoberta no ano de 1932 pelo botânico Ricardo Lemos Fróes no município de Maracaçumé, Maranhão, no Nordeste do Brasil, em uma zona de transição da vegetação amazônica remanescente com o Cerrado. O fruto é da família *Sapotaceae* e gênero *Manilkara spp.* com mais de 81 espécies (ALMEIDA *et al.*, 2010).

O fruto tem como características ser do tipo bacoide, possuir uma textura firme, com cor esverdeada quando imaturo, uma casca resistente, na sua fase de maturação ele fica com cor amarelada e em sua fase de maturação concluída ela fica com a cor avermelhada e tem um odor característico (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Segundo Carvalho (2007), a fruta maçaranduba, apesar de ainda não ter uma comercialização ampla, possui uma madeira amplamente exportada no mercado internacional. Segundo o autor, ainda não há mercado para o seu consumo, porém existe a possibilidade de sua comercialização fazer parte do mercado de frutas exóticas ou inexploradas, se configurando como um produto em potencial aos produtores da região de origem, trazendo renda e gerando um uso sustentável da biodiversidade local. Atualmente, não é comum encontrar a maçaranduba para sua comercialização em grande escala, porém a expansão de seu consumo pode trazer impactos positivos, com a perpetuação da espécie e o aproveitamento de compostos bioativos ainda não explorados do fruto.

O fruto é climatérico, tem uma alta produção de etileno e alta taxa respiratória, o que causa rápidas transformações fisiológicas e bioquímicas no fruto, o que é comum em frutos climatéricos. Devido a essas características, a maçaranduba apresenta, em média, mais de 30% de perda após a sua colheita, causadas por mudanças físicas e químicas no fruto que afetam negativamente seu sabor, aroma e cor (FENNEMA, 2010).

Devido à grande diversidade de frutos entre as espécies do gênero *Manilkara spp.*, ainda há dificuldades por parte dos pesquisadores em sua diferenciação, faltando estudos para a delimitação correta entre as espécies contidas no gênero. Por possuir, em sua maioria, apenas uma semente por fruta, a disseminação da espécie se torna difícil, e a baixa germinação do gênero torna ainda mais difícil a expansão desse fruto. É necessário evitar o declínio da espécie para não haver a perda da viabilidade genética da população, uma vez que a semente da maçaranduba não apresenta dormência e possui um comportamento recalcitrante. Dessa forma, com a ampliação de sua

comercialização, há um potencial de proliferação da espécie por meio do processo de dispersão das sementes inibindo a possibilidade de extinção (ALMEIDA *et al.*, 2012).

As mudanças climáticas afetam, principalmente, o regime de chuvas na região onde os frutos são encontrados, o que pode trazer prejuízos ao seu desenvolvimento no período de florescimento, sendo que seu período de frutificação acontece entre os meses de dezembro e fevereiro. A maçaranduba é popular entre as pessoas das regiões onde o fruto é encontrado em relação a algumas finalidades medicinais, porém ainda são necessários estudos relacionados aos seus metabólitos secundários e suas propriedades (TAKEDA, 2017).

A madeira da maçaranduba é de extremo valor, por ser utilizada em larga escala para construção civil e naval, cais para embarcações, móveis sofisticados e instrumentos musicais. Possuindo uma casca grossa, tronco ereto e cilíndrico, casca parda, fissurada longitudinalmente delimitando estreitas tira e folhas grandes, sua madeira é uma grande fonte de renda para produtores na região (HIRAI, 2008).

Atualmente dentro da família das Sapotáceas, umas das frutas mais populares e comercializadas são os sapotis, os quais já têm mercado consumidor interno e externo, além disso, novos pomares vêm sendo implantados principalmente na região nordeste. Outras espécies dentro do gênero da fruta como a *Manilkara salzmannii* e a *Manilkara adans* já tem um maior consumo do que o a espécie *Manilkara triflora*, contudo ambos ainda não possuem larga escala de comercialização (ALMEIDA *et al.*, 2012).

A comercialização de frutas *in natura* é um desafio para a fruticultura, tendo em vista as diferentes distâncias entre os produtores e consumidores e o tempo de prateleira do produto, com isso alguns fatores são relevantes para sua comercialização. Normalmente são utilizados métodos de conservação para se manter as qualidades da fruta, sendo comum o armazenamento em temperatura de refrigeração ou congelamento da polpa. O mesmo é aplicável para as frutas da família das sapotáceas, onde seu armazenamento é fundamental para o tempo de prateleira do fruto (ALVES-ARAÚJO, 2013).

Em 2021 o Brasil bateu o recorde na produção de frutas, sendo o maior produtor mundial de laranja. Em relação à fruticultura como um todo a região nordeste se destaca, possuindo a maior produção nacional. O Nordeste foi responsável por 51,8% do número de hectares de colheitas da fruticultura, o que mostra a importância da região para o mercado de frutas do Brasil, sendo seguido pela região sudeste com 26%. Em 2021 as frutas mais exportadas foram melão com 73 milhões de toneladas, limão, maçã,

manga, melancia e banana, tendo o maior destaque a maçã que subiu mais de 89% em relação a 2020 em número de exportações, segundo dados obtidos no IBGE (2021). Na Paraíba podemos destacar a produção de Abacaxi que engloba 60% de toda a produção do estado que é responsável por 20% da produção nacional e que se destaca devido à qualidade do seu fruto (VIDAL, 2021). Apesar da produção se manter em crescimento, há uma preocupação devido à falta de chuvas na região nordeste, o que pode atrapalhar a produção nacional. Esse problema se intensifica devido às mudanças climáticas (FERREIRA *et al.*, 2016).

No Brasil, durante o período mais agudo da pandemia de Covid-19, não foram detectados nenhum tipo de desabastecimento ou problema na produção de frutas. Porém, a maior dificuldade foi relacionada ao escoamento da produção devido a proibições de feiras livres, o fechamento de escolas e hotéis, afetando principalmente alguns programas do governo como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Então, foi visto que este isolamento social mais rígido impactou a comercialização principalmente das frutas, por serem mais perecíveis que outros alimentos (LIMA, 2020).

Estima-se que antes do final desse século, a população mundial chegará à marca de 10 bilhões de habitantes e o consequente aumento da demanda por alimentos, principalmente os alimentos orgânicos, tem sido uma preocupação a nível mundial (BUAINAIN *et al.*, 2016).

Atualmente, o deterioramento de frutas e as patologias causadoras de doenças transmitidas por alimentos (DTAs) relativas ao consumo de frutas são questões que preocupam a todos os países. Por isso, evitar contaminantes que venham a prejudicar sua colheita é fundamental para a manutenção da segurança alimentar de qualquer país, sendo o controle sanitário essencial neste quesito. No Brasil tem-se a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que possui fiscalização de aeroportos e portos para que não venham cargas que possam trazer doenças, afetando a produção nacional, além de outros patógenos que possam oferecer riscos para a população. Novas exigências foram criadas para aumentar o nível de confiabilidade das exportações entre os países a fim de melhorar as relações internacionais. Para isso, diversas orientações foram criadas para a adequação de boas práticas para a comercialização de frutas, desde a produção agrícola até a chegada ao consumidor final (TELTEBOIM, 2007).

O Brasil, junto com os países da América Latina, têm níveis de perdas pós-colheita de produtos agrícolas maiores do que países desenvolvidos, o que afeta

diretamente o desempenho econômico das atividades, incluindo a fruticultura. As perdas na produção alcançam 23% do total produzido de frutas e hortaliças (FAO, 2017). Já a estimativa de perdas econômicas na produção de frutas gira em torno de 2,5 bilhões de reais (COSTA *et al.*, 2015).

Os problemas causados por fungos são as principais causas de perdas pós-colheita, sendo responsáveis por 80 a 90% do total do prejuízo (DEMARTELAERE *et al.*, 2021). Esses problemas afetam o consumo e podem inviabilizar a comercialização do fruto e, mesmo que não ocorra o prejuízo por completo, algumas doenças fazem com que ocorra a diminuição da vida de prateleira das frutas, a exemplo das doenças superficiais que tornam o produto menos atrativo ou não comercializável (ZILLO, 2017).

O gênero *Rhizopus spp.* se caracteriza como um dos principais responsáveis por perdas pós-colheita, causando danos principalmente em banana, uva, graviola, mamão e morango, afetando economicamente esses cultivos (MELO, 2020). Os fungos mais comuns do gênero *Manilkara spp.*, são os fitopatógenos que acometem tanto a árvore quanto o fruto: *Trichoderma spp.*, *Penicillium spp.*, *Monocillium sp.*, *Fusarium spp.*, *Aspergillus spp.* (SOUSA, 2017).

Injúrias no fruto, principalmente devido a impactos físicos, podem levar a algumas alterações fisiológicas, como por exemplo a oxidação de fenólicos e aceleração do processo de senescência da fruta, além de fissuras no fruto e escurecimento enzimático. Esses problemas diminuem a vida de prateleira do produto e tornam, muitas vezes, o fruto inconsumível. Por isso, retardar a deterioração do fruto após a sua colheita é fundamental para garantir uma maior rentabilidade econômica. Devem ser tomadas precauções visando minimizar as perdas na qualidade da fruta e que não inviabilize sua comercialização, pois o produto deverá ser livre de agentes químicos, físicos e biológicos que possam tolher o seu consumo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

4.2 CARCINICULTURA E SEUS RESÍDUOS

A aquicultura é o meio produtivo de organismos prevalentemente aquáticos, como peixes, algas, crustáceos, moluscos e anfíbios, sendo realizada em água doce ou salgada, e que vem tendo um expressivo crescimento nas últimas décadas. O potencial mundial desse tipo de produção em alguns países é bem avançado, sendo que no Brasil

ainda não foi explorado todo o seu potencial, porém ocorreram diversos avanços em termos de produção, principalmente na região nordeste (CARDOSO, 2009).

O camarão é da classe dos crustáceos e seu nome, com origem no latim, significa “grossa”, sendo compatível com sua característica de ser um animal revestido por um exoesqueleto. Além de ser um alimento comum na mesa das pessoas, também é um alimento de alto valor nutricional. No mundo existem aproximadamente 2500 espécies conhecidas de camarões marinhos, porém na carcinicultura o *Penaeus monodon* é o mais comum no oriente e o *Litopenaeus vannamei* é a espécie mais presente em viveiros no ocidente sendo correspondem a 70% do mercado mundial de produção (DAMASCENO, 2007).

Atualmente no Brasil a espécie *Litopenaeus vannamei*, nativa da costa sul-americana, é responsável por quase 95% da produção em viveiros e por 45% do total da produção de crustáceos marinhos no país. Isso se dá por fatores como fácil adaptabilidade a diferentes condições do meio ambiente, aceitação do consumidor e resistência a diversas viroses e outras doenças. A China é a maior produtora mundial de camarões criados em viveiros, seguida por Tailândia, Índia, Bangladesh e Malásia. Já o cultivo marinho se deu originalmente na parte sudoeste da Ásia. Os produtores aprisionavam as larvas de camarão em regiões de costa marítima, fazendo o crescimento em zonas naturais (DAMASCENO, 2007).

Uma das características comerciais do camarão é sua coloração laranja que se deve aos carotenoides que estão presentes em sua casca, tendo como principal bioativo a astaxantina. Especificamente durante o processo de extração da quitosana, a coloração é parcialmente perdida, devido à desproteinização e pode ser completamente extraída caso seja feita a etapa de despigmentação (OGAWA, 2007). Em média, o exoesqueleto do camarão é composto por materiais inorgânicos e orgânicos, na taxa de 60% e 40%, respectivamente. Sua composição possui magnésio, cobre fósforo, potássio, enxofre, glicoproteína, glicosaminoglicanos, mucopolissacarídeos, e também a quitina (CAVALCANTI, 2014). A carapaça do camarão é constituída por 25 a 40% de proteína, 44 a 55% de carbonato de cálcio e 15 a 20% de quitina. Entretanto, essas proporções podem ser alteradas no *post-mortem* do pescado, pois fatores enzimáticos atuam nesse processo, o que afeta o aproveitamento da carapaça do camarão (PINTO, 2014). Por ser fonte de quitina, que é o precursor da quitosana, e de outros materiais, o exoesqueleto, resíduo do beneficiamento do camarão, possui relevância tanto econômica quanto ambiental (MELO, 2014).

Segundo Pinto (2014), faltam estudos sobre os impactos ambientais dos resíduos do beneficiamento do camarão, que podem se configurar como um poluente. A Carcinicultura tem 95% de sua produção no Nordeste, onde o produto é comercializado após a retirada da cabeça (Cefalotórax) e cauda (Télson), sendo esses correspondentes a 47% do peso do camarão. Atualmente, somente uma pequena parcela desses resíduos é utilizada pela indústria na produção de ração para animais, porém utilizá-los para melhorar a alimentação humana pode trazer benefícios relacionados à segurança alimentar e à preservação do meio ambiente (DAMASCENO, 2007).

A Carcinicultura no Estado da Paraíba é regulamentada na Lei Nº 11180/2018, que dispõe sobre o Desenvolvimento Sustentável da Carcinicultura no Estado da Paraíba, formulada, coordenada e executada a partir das normas gerais estabelecidas pela Política Nacional de Desenvolvimento da Carcinicultura. A utilização de resíduos provenientes do camarão tem sido discutida no meio acadêmico, tendo em vista a possibilidade de reaproveitamento da quitina para o uso industrial, como por exemplo, o uso na fabricação de ração animal e também na extração da quitosana, que pode ser usada como suplemento alimentar (JUNIOR, 2013).

O primeiro camarão de viveiro foi cultivado no Brasil a partir dos anos 70, no estado do Rio Grande do Norte e só a partir dos anos 80 a produção passou a ter um teor mais comercial. Porém, inicialmente, a maioria de sua produção era exportada, pois não havia demanda pelo mercado consumidor interno (NUNES, 2001).

Apesar do seu grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura, principalmente devido às suas condições climáticas ideais, o Brasil ainda não alcançou destaque internacional nesta atividade, nem explorou todo seu potencial. No Brasil, a tilápia representa 60% da comercialização de produtos oriundos da aquicultura. Porém, esta situação vem mudando, pois atualmente uma das alternativas que vem sendo ampliada são os cultivos da aquicultura multitrófica, integrada e os policultivos (SCORVO-FILHO, 2010).

A carcinicultura é um mercado lucrativo e possui uma implementação relativamente fácil quando comparando a outros negócios. Porém, há necessidade de planejamento, pois é um investimento inicial alto, e a gestão de custo da empresa é fundamental para a tomada de decisões. Especificamente na carcinicultura, os custos operacionais estão atrelados à quantidade de nutrientes, densidade de estocagem (quantidade de animais por metro quadrado), nível tecnológico e manejo utilizado (SILVA, 2021).

A atividade tem impactos no meio ambiente, apesar de trazer alguns benefícios como, por exemplo, a diminuição da pesca predatória e do extrativismo (ANDRADE, 2015).

Em comunidades costeiras, normalmente muitas famílias encontram nos recursos do meio ambiente sua única fonte de renda. Nessas comunidades, a prática pesqueira acaba sendo a única opção para essas famílias sobreviverem, em um contexto de baixa escolaridade e a falta de oportunidade no mercado de trabalho. Sabendo que a venda do camarão sem a cabeça e a cauda tem maior valor comercial, há um pré-tratamento por parte desses pescadores que retiram a cabeça e a cauda do camarão descartando clandestinamente seus resíduos sem nenhuma orientação, gerando poluição em rios e mares. Isso se dá pela falta de informação dos pescadores sobre os impactos gerados ao meio ambiente pelo descarte incorreto desses resíduos e também pela falta fiscalização por parte do poder público (NASCIMENTO, 2020). Além disso, a pesca predatória pode trazer consequências para o meio ambiente, como a diminuição da população desses animais na região costeira (NASCIMENTO, 2018).

O aumento no número de empresas de criação e beneficiamento do camarão tem gerado um considerável volume de resíduo de cascas, que não tem sido utilizado pelas fábricas, acarretando em um excesso de resíduos descartados sem o devido tratamento no meio ambiente. Devido ao seu baixo valor comercial as empresas não querem ter custos adicionais para o descarte de modo correto e, apesar de não acumular por ser um material biodegradável, ainda assim os resíduos causam outros problemas que impactam no meio ambiente (FILETO, 2020). Por ser um sólido orgânico, o resíduo do beneficiamento do camarão pode contaminar diretamente o solo, formando ácidos orgânicos decorrentes da fermentação do material, gerando chorume com elevada demanda bioquímica de oxigênio e a lixiviação de substâncias tóxicas, além do mau cheiro que atrai vetores patológicos e gera a possibilidade de poluição de efluentes (DECKER *et al.*, 2016). Não existe atualmente legislação específica sobre odores relacionados com a carcinicultura, porém a poluição olfativa foi identificada por pesquisadores como um dos problemas gerados pela atividade (OLIVEIRA, 2021).

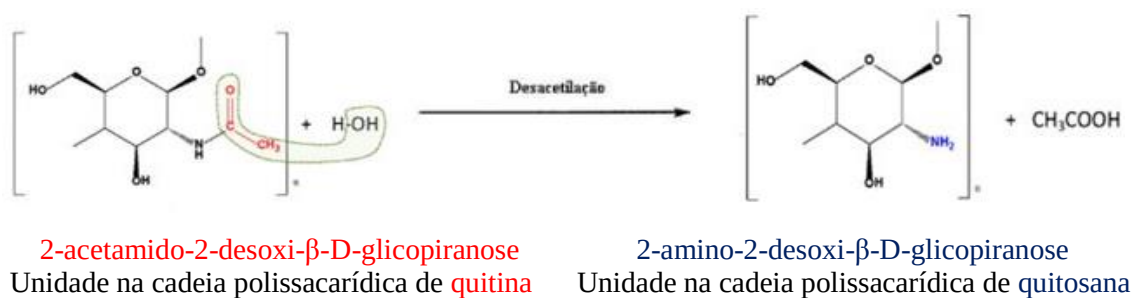
Estudos recentes demonstram que o aproveitamento dos resíduos do camarão pode trazer benefícios, a exemplo da produção da farinha de camarão. Esses produtos podem ser reutilizados em preparações culinárias, visto que possuem qualidade microbiológica satisfatória, trazendo resultados positivos de aceitabilidade sensorial por parte de consumidores (FERNANDES, 2009).

4.3 QUITOSANA: CONCEITOS E APLICAÇÕES

A quitina é um biopolímero natural que pode ser encontrada em animais marinhos como anelídeos, moluscos, lagostas, caranguejos e camarões. Pode ser encontrada no exoesqueleto de aranhas, escorpiões, baratas e insetos, sendo também possível encontrar quitina na parede celular de fungos (KUMAR, 2000). Seu descobrimento ocorreu em 1811 por Henri Braconnot e depois em 1823 por Odierem (RINAUDO, 2006). Apresenta-se como um pó amarelado com estrutura linear cristalina ou amorfa, insolúvel em água, e solúvel em alguns ácidos e bases diluída. Em ácidos minerais concentrados ocorre degradação de sua cadeia polimérica. A quitina é o segundo mais abundante polímero na natureza, atrás apenas da celulose, e pode ser encontrada como α -quitina, β -quitina e γ -quitina, que possuem diferenças relacionadas à sua estrutura (ANTONINO, 2016). A quitina é utilizada para a produção da quitosana comercial.

A quitosana é um polissacarídeo derivado da quitina (copolímero de β -(1 $\rightarrow$ 4) - D-glucosamina e β -(1 $\rightarrow$ 4) -N-acetil-D-glucosamina). A quitosana pode ser obtida através da desacetilação da quitina, obtendo vários graus de desacetilação. Desse modo, a quitosana é obtida através da extração a partir da desacetilação alcalina da quitina N-acetil-D-glucosamina. O processo de conversão de quitina em quitosana, mostrado na Figura 1, se dá por meio de reação de desacetilação em soluções alcalinas. Nessa reação, os grupamentos presentes na quitina acetoamido ($-\text{NHCOCH}_3$) são transformados em graus variados de grupos amino ($-\text{NH}_2$) assim formando a quitosana. São as condições desses fatores que dão ao biopolímero as características como o grau de desacetilação e peso molecular (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Figura 1- Desacetilação de Quitina em Quitosana



Fonte: AMUDA (2007, p.175).

Em 1971, a quitosana foi relatada pela primeira vez no Japão e no ano de 1986 o país já possuía 15 indústrias produzindo quitina e quitosana em escala comercial. A quitosana é produzida em escala comercial no mundo todo, principalmente no Japão, onde mais de 100 milhões de toneladas são produzidas anualmente a partir de caranguejos e camarões (JUNIOR, 2013).

Por possuir seu grupo amino disponível para reações químicas, a quitosana é muito utilizada como solução biotecnológica. Porém, o uso da quitosana possui limitações que são causadas pelo seu alto peso molecular e também por sua baixa solubilidade em meio aquoso, tornando-a de difícil utilização em algumas áreas. Atualmente, o mercado mundial da quitosana movimenta bilhões de dólares, tendo Japão e Estados Unidos como os maiores produtores e exportadores do produto. No Brasil, a quitosana vem sendo comercializada apenas como um suplemento alimentar, sendo um produto de fácil acesso em farmácias de manipulação (TIKHONOV *et al.*, 2006).

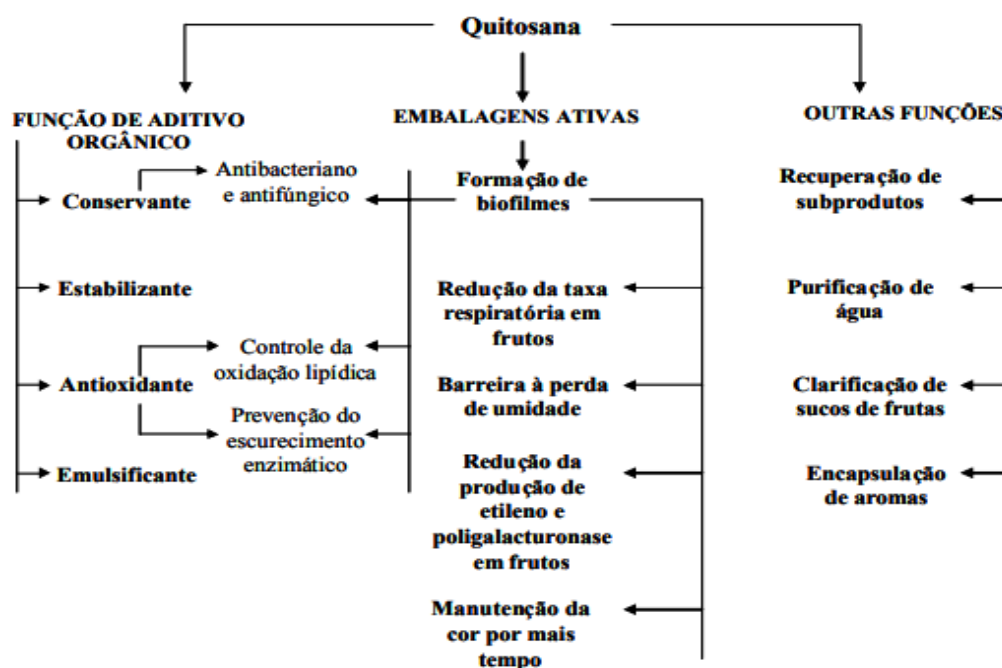
A quitosana possui atividade antimicrobiana e protetora em alimentos além de ser biodegradável e biocompatível. Além disso, já se provou eficiente nos revestimentos em frutas e vegetais, sendo empregado até mesmo para o revestimento de ovos, trazendo como principal benefício o aumento da qualidade e a segurança dos alimentos, resultando em um tempo de vida de prateleira maior, quando compare-se com alimentos não revestidos (PRIYADARSHI, 2020).

A quitosana é um produto bastante versátil, com diversas aplicações na indústria dos alimentos como, por exemplo, agente de clareamento, inibidor de escurecimento enzimático em sucos de maçã, pera e batata, antioxidante na produção de salsichas e inibidor de fungos causadores de DTAs em frutas (PRIYADARSHI, 2020). Essa propriedade da quitosana para revestimentos que possam conservar os alimentos está sendo bastante estudada e atualmente várias pesquisas buscam entender como é a atuação do seu mecanismo de conservação em frutas *in natura* (SILVA, 2018).

Sabe-se que a quitosana atua desestabilizando células vivas através de inibição de enzimas essenciais, interferindo em processos de síntese proteica dos microrganismos, porém esse processo não foi completamente elucidado pelas pesquisas (BARROS *et al.*, 2020). O peso da molécula da quitosana é determinado pelos fatores presentes durante a sua extração, sendo as variáveis mais importantes para o processo de extração o tempo, a temperatura empregada na reação, a concentração dos reagentes utilizados para a extração e as condições atmosféricas da reação empregada na

desacetilação. A quitosana possui aplicações em diversas áreas do conhecimento, entre elas a Biomedicina, a Agricultura, a Engenharia de Alimentos, a Farmácia entre outras, como pode ser visto na Figura 2. É uma substância utilizada em pesquisas com fármacos sendo utilizado como carreador para liberação controlada, em pesquisas relativas ao DNA, em aplicações de tecidos epiteliais para regeneração, como promotor de osteogênese com aplicações na área odontológica, em pesquisas sobre redução do colesterol por ser uma fibra com características hipolipidêmicas, como componente de cosméticos, em detecção de pesticidas, remoção de corantes e em tratamento de redes de esgotos (FAI, 2008).

Figura 2 – Utilização da Quitosana



Fonte: FAI, (2008, p 438).

Com o objetivo de prolongar a vida de prateleira dos alimentos, algumas tecnologias são necessárias, visando inibir sua contaminação. Desta forma, permite-se levar um alimento seguro para os consumidores, gerando lucros para as indústrias e trazendo benefícios econômicos. Como anteriormente apresentado, a quitosana é um biopolímero e possui um potencial promissor na indústria de alimentos, tornando-se

alternativa viável para o revestimento de alimentos, pois não tem nenhuma toxicidade associada, tornando esse revestimento sustentável, e com grande potencial para aplicação em larga escala (FELLOWS, 2006).

4.4 EXTRAÇÃO DA QUITOSANA DE RESÍDUOS DE CAMARÃO

Segundo Moura *et al.* (2006) a quitosana pode ser extraída a partir da quitina contida na carapaça de crustáceos. Estudos afirmam que é possível encontrar até 20% de quitina nos camarões. Sua obtenção a partir de crustáceos tem sido utilizada, porém apenas extrações com um grau de desacetilação acima de 50% podem ser consideradas quitosana, e quitosana comercial com grau entre 75% a 99%.

Para a análise do grau de pureza da quitosana, normalmente são utilizadas algumas metodologias, entre as quais a mais utilizada é a espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). Já para aferir o peso molecular da quitosana é comum utilizar-se o método de cromatografia de permeação em gel. Outros métodos bastante empregados em análises de quitosana são o espelhamento da luz e a viscosimetria (SANTOS, 2011).

Existem três principais métodos de extração de quitosana segundo a literatura, são eles: 1. método químico, ou convencional, considerado o mais prático; 2. método por radiação de micro-ondas; e 3. método a partir da fermentação de cascas de camarão, chamado de biofermentação que possui resultados iguais aos do método convencional (ABREU *et al.*, 2013).

A extração de quitosana a partir de resíduos de camarão é uma técnica com diferentes metodologias no meio acadêmico. Contudo entre as pesquisas realizadas por meio de extração de camarão pelo método convencional, existem alguns pontos em comum que são as suas etapas de Desmineralização, Desproteínização e Desacetilação. Outros estudos dividem o processo de extração em cinco etapas, porém essas são intermediárias como a Despigmentação e Pureza da Quitosana (AZEVEDO *et al.*, 2007).

É visto que a quitosana pode ser obtida por ácidos e por bases alcalinas, porém devido às ligações glicosídicas para a desacetilação é preferível o uso de base, pois o ácido pode afetar essas ligações (MENESES, 2014). Como citado anteriormente, as metodologias de extração da quitosana podem sofrer diversas adaptações, principalmente na etapa de desacetilação. Porém, é comum na maior parte das

metodologias o uso de Ácido Clorídrico (HCl) para desmineralização, e o uso de Hidróxido de Sódio (NaOH) para a etapa de desproteínização (JÓZEF, 2003).

Segundo Tolaimate (2000), concentrações de Hidróxido de Sódio entre 40% a 50% são as mais utilizadas para a extração. Além da variação na concentração do hidróxido de sódio, também é possível verificar uma variação de diferentes temperaturas e tempos utilizados para extrair a quitosana. A desacetilação ocorre em altas temperaturas, indicando entre 50 °C a 200 °C e com variações de tempo que variam entre 1 hora até 48 horas.

As diferentes metodologias empregadas em sua extração geram diferentes tipos de quitosana, principalmente devido a diferenças em seu grau de desacetilação. O grau de desacetilação é responsável pelas mais diversas características da quitosana, como a distribuição do grupo acetil na molécula de quitosana, seu peso molecular e sua viscosidade, sendo essa uma característica importante para a produção do gel de quitosana utilizado nos revestimentos de frutas. Além da metodologia, a fonte utilizada para a extração da quitosana também influencia as propriedades do material extraído (ZHANG, 2001).

Nos processos de extração de quitina e quitosana a ordem das etapas é importante, visto que a ordem das etapas no processo tem influência sobre o rendimento da quitosana e também sobre suas características. Portanto, ao se iniciar com um tratamento alcalino ao invés de um tratamento ácido obtém-se um maior rendimento de quitina e conseqüentemente da quitosana. Por outro lado, ao se iniciar pela etapa de desmineralização, ou seja, utilizando um ácido, obtém-se um material com baixos teores de cinza, devido a uma maior remoção de resíduos minerais, e a quitina resultante apresenta menor massa molar, pois suas cadeias são degradadas pela ação do ácido (CARDOSO, 2008). Essas diferentes metodologias no processo de extração da quitosana também afetam a solubilidades do produto e suas propriedades antimicrobianas (LAOKULDILOK, 2017).

4.5 MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO DE EXTRAÇÃO DE QUITOSANA

Existe uma sequência básica para a boa execução de um Planejamento de Experimentos (ou *Design of Experiments*–DOE, em inglês), sendo elas: 1. Reconhecimento e declaração do problema; 2. Escolha de fatores, níveis e variações; 3. Seleção da variável de resposta; 4. Escolha do desenho experimental; 5. Execução do

experimento; 6. Análise estatística dos dados; 7. Conclusões e recomendações (MONTGOMERY, 2017).

O DOE é utilizado para melhorar os processos, reduzir o número de testes e a utilização no uso de recursos. É fundamental visto que o número de testes requeridos cresce à medida em que a quantidade de fatores aumenta, sendo inviável experimentar todas as variáveis (MONTGOMERY, 2017). Ainda, o DOE busca projetar e desenhar um modelo de experimento, para que sejam analisados de modo estatístico, com testes e variáveis definidas que provoquem mudanças no processo, permitindo sua análise e otimização (COOK, 2009).

Nos projetos experimentais é comumente utilizado o planejamento fatorial completo ou fracionado, os arranjos de Taguchi, a Metodologia de Superfície de Resposta e os experimentos de misturas (SILVA, 2016). Dentre as várias ferramentas disponíveis, a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) tem sido a mais utilizada para modelar e analisar por meio da matemática e da estatística, problemas em que as respostas de interesse são influenciadas por diversas variáveis e o objetivo é a otimização destas respostas (NOVAES, 2017).

No processo de otimização de resposta não se sabe os parâmetros aplicados inicialmente e a resposta final do experimento, por isso busca-se encontrar uma aproximação adequada dessa resposta correlacionada com às suas variáveis. Assim, se uma resposta for bem modelada por uma função linear, a relação aproximada pode ser representada pelo seguinte modelo de primeira ordem (ROCHA, 2017):

$$y(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon_i$$

Em que: $y(x)$ é a resposta de interesse; x_i são as variáveis independentes; β_i são os coeficientes a serem estimados; k é o número de variáveis independentes; ε_i é o erro experimental.

Se a resposta apresentar curvatura, então um polinômio de maior grau deve ser usado, como o modelo de segunda ordem (ROCHA, 2017):

$$y(x) = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon_i$$

Os problemas de superfícies utilizam ambos os modelos e, apesar de ser improvável que o modelo polinomial se comporte como uma aproximação adequada para todo o espaço experimental coberto pelas variáveis independentes, para uma região específica, tais modelos têm se mostrado eficientes (ROCHA, 2017).

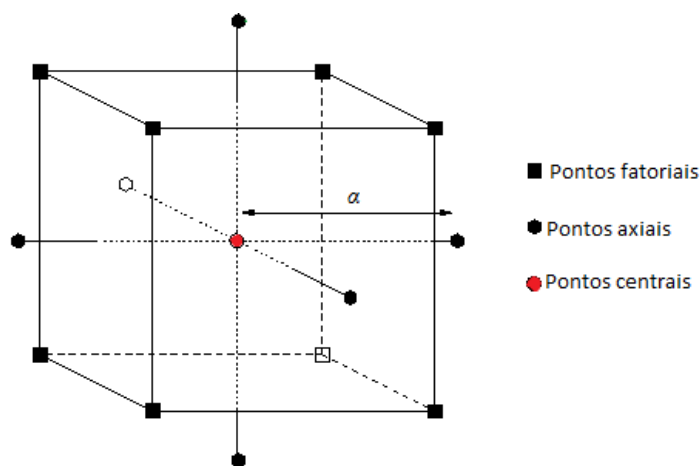
O experimento é definido por 3 etapas principais sendo a primeira o fator aleatório, ou seja, a ordem aleatória com parâmetros escolhidos e com execução aleatória ou não delimitados. A segunda é a replicação o que consiste na repetição de variáveis para obter respostas que ajudem na avaliação do erro experimental. Por fim, a blocagem quando se realiza experimentos de forma não homogênea buscando, assim, fatores que alterem a resposta final (ATKINSON, 2009).

Entre todos os projetos de metodologia de superfície de resposta existe um arranjo específico conhecido como o arranjo composto central (ou *Central Composite Design* – CCD, em inglês). Este é considerado o projeto mais eficiente utilizado para a modelagem e otimização das funções de superfície de resposta para experimentos que envolvem processos de extrações químicas (GHELICH *et al.*, 2019).

O arranjo composto central, para k fatores, é uma matriz formada por três grupos distintos de elementos experimentais: um fatorial completo 2^k ou fracionado 2^{k-p} , sendo p a fração desejada do experimento; um conjunto de pontos centrais (*center points* – *cp*); e, adicionalmente, um grupo de níveis extremos denominados pontos axiais, dado por $2k$. O número de experimentos necessários é dado pela soma 2^k (ou $k-p$) + cp + $2k$. No CCD os pontos axiais estão a uma distância α dos pontos centrais como visto na Figura 3 (BORGES, 2014).

A Figura 3 representa graficamente o CCD para três fatores.

Figura 3 – Arranjo experimental CCD para três fatores



Fonte: ROCHA (2017, p.59).

Problemas de otimização envolvendo processos industriais são frequentemente multiobjetivos. Em um problema de otimização multiobjetivo, quando são considerados objetivos conflitantes, em geral, não existe uma única solução que seja ótima com respeito a todos os objetivos. Com frequência, esses objetivos são função do mesmo conjunto de variáveis de decisão e são conflitantes de modo que existe a necessidade de se formular um problema de otimização com múltiplos objetivos (HASHIMOTO, 2004).

A metodologia do conjunto completo de soluções Pareto ótimas possui prioridade de escolha para utilização já que fornece a possibilidade de selecionar a melhor solução eficiente, em um processo de otimização. Com isso, a utilização do método de somas ponderadas é amplamente utilizada para a obtenção de soluções Pareto ótimas em problemas multiobjetivos (ROCHA, 2017).

Entretanto, se o conjunto de soluções Pareto ótimas for não-convexa a fronteira passa a ser não convexa e descontínua, formando *clusters* de soluções em regiões de grande curvatura, porém, descontínuas no espaço de solução. Nessas situações, o método de somas ponderadas dificilmente encontra soluções na parte não-convexa. Além disso, este método não é capaz de gerar uma fronteira equispçada, mesmo que a distribuição dos pesos seja uniforme (DE PAULA, 2019).

Visando superar este problema, o método de interseção normal à fronteira ou *Normal Boundary Intersecção* (NBI) foi proposto. O método NBI é uma rotina de otimização desenvolvida para encontrar soluções Pareto ótimas uniformemente distribuídas e contínuas para um problema multiobjetivo não-linear, independentemente da distribuição dos pesos ou das escalas relativas entre as diversas funções objetivo (ROCHA, 2017).

Estudos que visam otimizar suas etapas de extração e que têm por objetivo buscar a melhor resposta de extração da quitosana normalmente buscam apenas solucionar um fator em relação aos resíduos, como por exemplo o maior grau de pureza ou melhor rendimento, porém utilizando a otimização multiobjetivo pode-se buscar a otimização do rendimento e do grau de pureza ao mesmo tempo. A otimização do processo de extração de quitosana é importante, pois visa aumentar a eficiência do processo como um todo. Alguns estudos que focaram em otimizar o processo de extração da quitosana, conseguiram bons resultados para as etapas de desmineralização e desproteíntização (MOURA, 2006).

Para Younes (2014), o uso da Metodologia de Resposta de Superfície tem grandes benefícios para a obtenção de resposta de um processo. No caso específico do processo de extração da quitosana, estudar como as variáveis independentes como tempo, temperatura, afetam a etapa de desacetilação, permite aperfeiçoar o processo.

Diferentes graus de desacetilação influenciam na característica da quitosana, como o combate microbiológico contra fungos e bactérias, além de fatores intrínsecos ao fruto que será revestido. Por isso, há necessidade de aprimorar a extração da quitosana visando melhorar seu desempenho como revestimento de alimentos (COUTINHO, 2015).

A literatura mostra dados de variáveis que são importantes para o processo, que serão utilizadas como parâmetro para o experimento atual. Nas Tabelas 1 e 2 é possível verificar as faixas de temperatura e tempo, respectivamente, utilizadas por outros autores.

Tabela 1 – Variável de Temperatura Mínima e Máxima

REFERÊNCIAS	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
WESKA, 2007	120 °C	130 °C
YOUNES, 2014	90 °C	140 °C
PINTO, 2014	74 °C	125°C

FONTE: Elaborada pelo próprio autor (2023).

Tabela 2 – Variável de Tempo Mínimo e Máximo.

REFERÊNCIAS	Tempo Mínimo	Tempo Máximo
WESKA, 2007	1,5h	2,5h
YOUNES, 2014	3h	6h
PINTO, 2014	44 min	145 min

FONTE: Elaborada pelo próprio autor (2023).

4.5 TECNOLOGIAS DE REVESTIMENTO E SEUS RESULTADOS

A ciência vem buscando inovações para a solução de problemas que impactam o meio ambiente. Tanto a indústria dos alimentos como as pesquisas acadêmicas têm produzido estudos que têm trazido resultados e patentes para aprimorar a tecnologia de revestimento em frutos. O revestimento de frutas busca a rentabilização de seus lucros usando matérias primas que são reutilizáveis e biodegradáveis e que também auxiliam na manutenção do estado in natura da fruta. Essas embalagens que visam à proteção do

produto são mais comuns serem feitas de matérias não biodegradáveis como os plásticos que por isso não sendo reaproveitados de modo correto, já os materiais biodegradáveis trazem menos impactos para a natureza, tornando o produto biosustentável (XAVIER, 2020).

Tecnologias usadas nos revestimentos de frutas são alternativas comuns e atualmente no mercado existem alguns biopolímeros com bons resultados de conservação. Pode ser visto na Tabela 3, os resultados e as tecnologias usadas para aumentar o tempo pós-colheita de frutos, buscando evitar contaminações biológicas por diversos agentes deteriorantes e patogênicos, além do próprio processo fisiológico do fruto que, ao longo do tempo, vem se deteriorando. Deste modo, as tecnologias de revestimentos alimentícios visam tornar o processo de produção mais eficiente para evitar que os frutos se deteriore (CHEIN *et al.*, 2007).

Tabela 3 - Propriedades das tecnologias de revestimento de frutos

TIPOS DE REVESTIMENTOS	RESULTADOS	AUTORES
Quitosana	Apresentou características de conservação satisfatórias, além da manutenção da aparência do fruto.	(JORGE, 2011)
Amido de Arroz	Apresentou propriedade Fungistáticas.	(TRIGO <i>et al.</i> , 2012)
Alginato de Sódio	Apresentou propriedade Fungistáticas.	(TRIGO <i>et al.</i> , 2012)
Carboximetilcelulose	Apresentou propriedade Fungistáticas.	(TRIGO <i>et al.</i> , 2012)
Cera de Carnaúba	Aumenta conservação em 4,2 dias, contudo reduz teor de ácido ascórbico.	(XAVIER <i>et al.</i> , 2020)
Látex de Seringueira	Aumenta em 3 dias de vida útil e mantém a qualidade do fruto.	(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2015).
Óleo de Andiroba	Reduz a firmeza e aumenta a perda de massa do fruto.	(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2015).
Fécula de Mandioca	Retarda o amadurecimento do fruto em comparação aos frutos não tratados.	(NUNES, 2017)

FONTE: Elaborada pelo próprio autor (2023)

A indústria dos alimentos vem buscando soluções para aumentar o tempo de prateleira dos frutos e por isso os revestimentos são uma das formas encontradas para aumentar o tempo para o consumo do fruto sem perder nutrientes essenciais assim gerando maiores lucros para seus produtores. É visto que em embalagens que utilizam

polissacarídeos têm uma melhor resposta em relação à barreira como passagem de oxigênio em frutas, fazendo com que o fruto tenha uma redução na frequência respiratória do fruto, produzindo menos etileno e retardando sua maturação, além disso, ele é utilizado como base principal para associação com outros compostos para aumentar as atividades biológicas como, por exemplo, a atividade antifúngica e ação antioxidante (WU *et al.*, 2018).

Os revestimentos à base de quitosana têm propriedades antimicrobianas e antifúngicas (OLIVEIRA, 2014), e com aplicabilidade em frutas (NOGUEIRA, 2020), devido à sua biodegradabilidade, biocompatibilidade e biofuncionalidade, sendo ele não tóxico (BARROS *et al.*, 2020). Os revestimentos de frutas à base da quitosana são uma alternativa para a conservação de alimentos, pois estudos mostram que a quitosana exerce influência sobre a qualidade da fruta ao longo do tempo e aumentando o tempo em que a fruta se deteriore. Os benefícios ao utilizar o revestimento de quitosana vão além de ser apenas por sua biodegradabilidade (LUVIELMO, 2012).

É um conceito global minimizar a utilização no uso de polímeros sintéticos para a conservação de alimentos. Atualmente os mais utilizados são os polietileno e o polipropileno, porém devido aos danos relacionados com natureza e seus impactos causados no meio ambiente de modo geral, se faz necessário a criação de embalagens que fosse mais fácil de degradação, diferente dos sintéticos, que não são degradáveis de maneira ecológica e, além disso, atualmente o consumidor vem se tornando mais consciente em relação ao meio ambiente e os problemas que os polímeros sintéticos causam e eles também sabem que o consumo de produtos que vão de algum modo agredir o meio ambiente deve ser evitado, e apesar de muitas vezes o produto se tornando mais caro, terá um apelo comercial favorável para a aplicação do revestimento, isso sendo possível devido à consciência ambiental na sociedade (SOUZA *et al.*, 2015). No Brasil a quitosana tem como perfil segundo as diretrizes da Portaria nº 540 publicada pela ANVISA que tem como característica a ação conservante natural e sua aplicação de revestimento podendo ser definida como aditivo alimentar, segundo a ANVISA, principalmente a sua atividade antimicrobiana (BRASIL, 1997).

Os dados mostram a necessidade de se tomarem medidas para se evitar perdas de frutas. Há uma estimativa de que o mundo perde 30% de todos os alimentos produzidos, isso é devido a vários fatores como, transporte, armazenamento, patógenos entre outros (FAO, 2017).

A forma mais comum de aplicação de revestimento dá-se por meio de imersão

em solução filmogênica. Com isso o grande potencial que a tecnologia apresenta é animador, tornando possível explorar novas tecnologias no campo de estudo. Vários métodos alternativos de controle de doenças vêm sendo estudados, tais métodos alternativos podem proporcionar o controle biológico dos agentes fitopatógenos e a indução de resistência aos frutos, principalmente podendo destacar os revestimentos à base de quitosana e também associados aos óleos essenciais que mostraram resultados satisfatórios relacionados com indústria dos alimentos (CAMATARI *et al.*, 2017).

As metodologias de revestimento do fruto são técnicas já bem estabelecidas e há três formas principais, sendo a primeira a imersão, metodologia, no qual a fruta é imersa na solução após isso ele é colocado para secar visto na Figura 4.

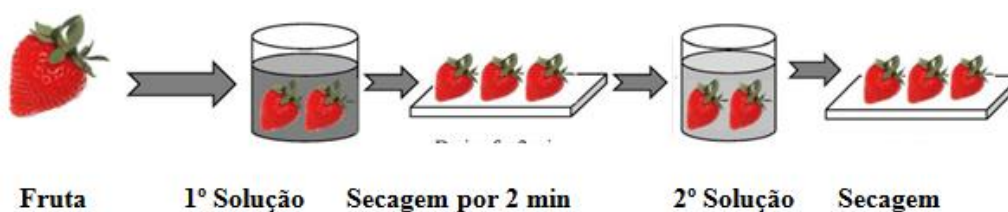
Figura 4 – Método de Imersão



Fonte: YAN (2009, p.30).

O segundo é o método *layer by layer*, onde é feita a imersão diversas vezes em soluções diferentes, visto na Figura 5.

Figura 5 – Método de *layer by layer*



Fonte: YAN (2009, p.30).

A terceira etapa é o método *spraying* onde os frutos são colocados em uma esteira e por meio de processo manual ou autônomo são revestidos com jatos com a solução para o revestimento e após o processo são colocados para secagem, visto na Figura 6.

Figura 6 – Método de *spraying*

Fonte: adaptado de MENEZES (2018, p 8).

Na indústria alimentícia, a prioridade é trazer para o consumidor alimentos que possuem qualidade de consumo e que mantenham o frescor natural, principalmente mantendo o seu sabor natural para que não afete a experiência sensorial do consumidor e que esse revestimento não interfira nas suas características e vale ressaltar que esses revestimentos evitam o uso de aditivos, e agrotóxicos, assim tornando os produtos chamados orgânicos, pois o consumidor atualmente busca evitar produtos que possam ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Portanto, a preservação de modo natural se torna fundamental para o processo de preservação de frutas e vegetais. Os países da Europa, já utilizam esses revestimentos e já são autorizados os revestimentos por meio das autoridades locais sendo também aceito produto de outros países com revestimento, pois já possui legislação própria referente às embalagens bioativas em alimentos (GUILLARD *et al.*, 2009).

Necessariamente para um revestimento comestível conseguir destaque no mercado ele deve ter características fundamentais para sua utilização como, por exemplo, serem invisíveis, transparentes para não afetar a cor da fruta que é importante para a escolha de compra, terem aderência suficiente para não serem facilmente removidos no manuseio e não possuir sabor (NOGUEIRA, 2020).

O revestimento à base de quitosana normalmente é obtido a partir da mistura da quitosana em pó com o ácido acético ou ácido láctico, para dissolução da quitosana, utilizando 1mL/100mL, com uso de temperatura e agitação. A quitosana não é tóxica e sua ingestão não causa efeitos adversos às pessoas que a consomem, até mesmo se comparando com a liberação de glicose com a sacarose é inferior e não causa prejuízo a quem consome, seus estudos mostram que o consumo da quitosana é bom para a saúde, desde que não haja excessos por parte de quem está consumindo a substância, mostra que o excesso dessa substância pode causar desidratação gástrica, por ser uma fibra natural ela forma um gel no organismo, também sendo necessário observar que

quitosanas extraídas de camarão devem ser evitadas para alérgicos, desde que a mesma não possua grau de biocompatibilidade, pois pode desencadear episódios de alergia devido a resquícios da proteína do camarão (ATHAYDE, 2015).

Os filmes de quitosana podem ser divididos de duas formas os revestimentos menores de 30 μm , para aplicação direta no alimento para melhora a segurança alimentar e o tempo de vida de prateleira e os maiores de 30 μm essas são misturas que podem ser misturas homogêneas ou heterogêneas (VAN DEN BROEK, 2015).

Uma forma de aumentar a durabilidade da fruta é usando o revestimento em partes minimamente processadas, pois ele atua diretamente na perda de umidade da fruta, e por serem comestíveis, os revestimentos não altera o *flavor* assim não diminuído a sensação do sabor do alimento, além de atividade antimicrobiana presentes nos revestimentos (GOMES *et al.*, 2020).

A quitosana possui atividade antimicrobiana e muitos estudos mostram seus efeitos contra diversos fungos e bactérias que são causadores de patologias severas à saúde humana, dentre os quais podemos citar: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella entérica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Shigella dysenteriae*, *Aeromonashydrophila*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Helmintho sporiu*, *Sacharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces baillii*, *Cryptococcus albidus*, *Candida sp.*, *Rhodotorula sp* (FAI, 2008).

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A análise estatística é uma ferramenta que dá possibilidade, após o tratamento de dados amostrais, fazer conclusões sobre determinados resultados, esses resultados podendo ser de grupos, populações, amostras entre outras. Na matemática a definição de população são grupos de indivíduos que são pertencentes a essa população, e podendo ser definida como amostra, de modo mais objetivo, população é igual a conjunto ou espaço amostral, já a amostra em si é um subconjunto que está contido dentro da população (CANTERI *et al.*, 2001).

Ao fazer análises em relação ao problema de modo estatístico, são necessários dados que são obtidos por meio da observação ou experimentos que a partir do problema definido eles fazem parte do grupo ou população que permitem chegar a conclusões que possam ser válidas para o determinado problema ou não, porém muitos fatores podem acarretar em dificuldades para fazer as análises, que podem gerar

conclusões erradas, sendo alguns conceitos como variação ao acaso ou variação aleatória que ocorrem pela obtenção de dados que não são controlados ou que podem não ser relevantes ou significativos para o problema proposto (LOUREIRO, 2011). É importante para as análises estatísticas, grupos de dados robustos que possam ajudar na avaliação desses dados, pois quanto maior a variação de dados e experimentos para as análises torna o processo de obtenção de resultados, uma maior possibilidade de obter mais precisão nos resultados. Experimentos com maior número de amostras e repetições de dados são bem mais eficientes do que grupos com menos capacidade amostral ou com apenas um experimento (VALENTINI, 2007).

Para análises de um grupo, normalmente é feito o cálculo da média, ou seja, a soma de todas as amostras de determinada população dividida pelo quantitativo de amostras daquela população, há também definições como sendo o valor que distribuído como ponto de equilíbrio das frequências em um histograma. Dentro dos grupos, é possível encontrar outra análise que é importante para a estatística sendo ela o Desvio padrão, ele é responsável pela chamada medida de dispersão do grupo, ou seja, de como aquele grupo estar de modo disperso dentro da população que está sendo analisada, sendo a partir das análises pode-se dizer qual é a variação entre aquelas médias obtidas a partir daquela população, quanto menor desvio, mais próximo da média amostral aquele grupo se encontra, quanto maior o valor do Desvio padrão, mais significa dizer que as amostras estão dispersas no grupo amostral, o Desvio Padrão é a raiz quadrada da variância daquele grupo (FRANCISCO, 2013).

Utilizar as médias obtidas de um problema por meio de comparação é uma forma de fazer o tratamento estatístico, porém analisar utilizando apenas esses dados pode levar a interpretação errada do problema, além disso, o comportamento de um grupo pode ser apenas uma aleatoriedade do acaso e não refletir de fato o que de fato pode acontecer na natureza, é importante salientar que em pesquisas científicas é fundamental para obter resultados satisfatórios e chegar à conclusão sobre um determinado problema, se faz necessário que estatisticamente aquele resultado seja significativo. (LOUREIRO, 2011). Outra importante análise é a Análise de Variância, que o termo em inglês: *Analysis of Variance* conhecido como ANOVA ele tem por finalidade comparar estimativas de variâncias dos tratamentos. Através dele, pode-se saber se pelo menos duas médias de tratamentos que diferem entre si. Caso há diferenças estatísticas entre os grupos, então é possível verificar que houve diferença através do ANOVA estatisticamente significativo que seja *p-value* é menor que (0,05),

ou seja, um intervalo de confiança de 95%, porém quando não há diferenças estatisticamente significantes podemos indicar que a hipótese é nula, em resultados onde o valor é (0,00) pode ser interpretado como a hipótese nula foi completamente rejeitada (SCHEFFE, 1999).

O teste de ANOVA, pode ser utilizado quando há mais de dois grupos para comparação, ele basicamente busca comparar as diferenças dentre grupos e entre os grupos, isso implica que os resultados dentro dos grupos são diferentes e que entre os grupos também possuem diferenças significativas, pois grupos que têm variações menores que o valor definido como significativo pelo pesquisador, mostra que um fator foi determinante para causar essas variações de resultados nos grupos, sendo de modo não aleatório e que caso fosse realizado com outros grupos amostrais o comportamento de variação seria encontrado (MONTGOMERY, 2017).

Para o teste ANOVA, alguns termos são importantes como fator, variável da resposta ou nível de fator e tratamento. O cálculo utilizado pelo método de ANOVA poder ser visto a seguir:

$$Y_{IJ} = \mu_i + \varepsilon_{IJ} \quad i = 1, \dots, k \text{ e } j = 1, \dots, k$$

Onde: k é o nível do fator; μ é a média da variável resposta para o i -ésimo nível do fator estudado; ε_{IJ} São os erros aleatórios independentes. Ao se comparar as médias da variável resposta adota-se a seguinte hipótese nula: $H_0: \mu_1 = \mu_2$. Se as médias não são iguais e existem diferenças estatisticamente significativas entre si, a hipótese nula é rejeitada.

Ao analisar a diferença encontrada entre as médias, é necessário outro teste que complementa ao teste ANOVA e atualmente existem diversos métodos de análise entre grupos como Scheffé, Dunnet, Duncan e Scott-Knott, porém um teste que tem predominância em sua utilização é o Teste de Tukey, sendo utilizado como uma ferramenta matemática para identificar a diferença apontada pelo teste ANOVA, o que a partir daí, demonstra as diferenças em quais dos tratamentos ou grupos indica significância estatística, fazendo a comparação entre as médias, visto na equação a seguir (CANTERI *et al.*, 2001):

$$DMS = \pm q_{\alpha}(g, N - g) \sqrt{\frac{QMErro}{n}}$$

A DMS é a diferença mínima significativa, ou seja, é a diferença utilizada para se testar (rejeitar ou aceitar) a igualdade nos tratamentos. Dessa forma, podemos dizer

que o intervalo de confiança para uma diferença $y_i - y_j$ entre duas médias de tratamentos distintos é:

$$y_i - y_j = \pm q_{\alpha}(g, N - g) \sqrt{\frac{QM_{Erro}}{n}}$$

Em que: q é o valor da amplitude total “estudentizada” para o nível α de probabilidade, para o caso de g tratamentos e $N - g$ graus de liberdade, sendo N o número total de amostras; QM_{Erro} é o quadrado médio do erro; e n é o número de repetições (GOMES, 1954).

5. METODOLOGIA

5.1 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA

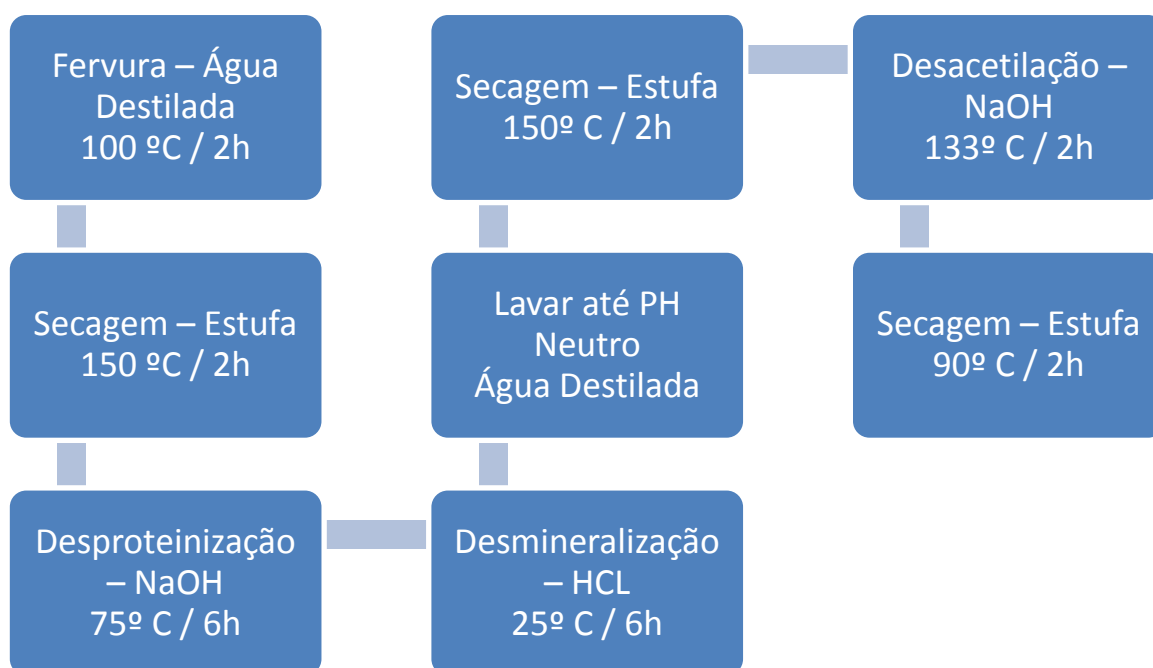
Inicialmente, foram coletados os resíduos de camarão de uma empresa localizada no município de João Pessoa, que faz o beneficiamento do camarão retirando o Cefalotórax e o Telson para descarte, esses resíduos foram coletados após passarem pelo processo de beneficiamento e logo após foram armazenados em um cooler com gelo, para serem levados para o Laboratório de Análises de Alimentos do Centro Universitário UNIESP. Estes resíduos passaram por triagem inicial de retirada de materiais indesejáveis, e por lavagem em água corrente para remover algas, plásticos entre outras impurezas. Também foram retiradas restos orgânicos aderentes na cabeça do camarão, para não interferir no processo de desproteínização durante a extração. Após essa triagem inicial os resíduos foram colocados em sacos plásticos para serem selados depois foram armazenados em uma Ultra Freezer a - 40°C até a utilização do mesmo.

Para a extração da quitosana partiu-se do ponto de retirada dos resíduos da Ultra Freezer, que foram pesados em balança de precisão. Na sequência foram manualmente levados para a fervura para remover resíduos restantes em água destilada a 100 °C por cerca de 1 hora. Após a fervura, os exoesqueletos foram colocados em estufa a 150 °C por 2 horas onde ocorreu a secagem. O material seco foi moído em multiprocessador e peneirado.

Na etapa inicial ocorre a desproteínização por meio da imersão de resíduos em NaOH 2,5 N a 75 °C em proporção de 12,5 (ml/g) durante 6 horas. Subsequentemente, o material obtido foi filtrado, após essa etapa ocorre a desmineralização para remover o carbonato de cálcio (principal componente inorgânico em carapaças de camarão). As carapaças foram imersas em 1,7 N de HCl proporção de 9 (ml/g) durante 6 horas, a extração foi realizada a temperatura ambiente (25 °C) com agitação (150 rpm). Após essa etapa os resíduos foram lavados em água destilada diversas vezes de modo a remover os resíduos minerais restantes até atingir pH neutro e seco (150 °C, 2 h).

A etapa de desacetilação foi realizada com uma solução de 36,9 (ml/g) de quitina, com a concentração utilizada de 51,89% NaOH, e 133,78°C a temperatura com tempo de 2 horas. Tendo essa metodologia sido adaptada com mudanças na temperatura a partir de Chang, (1997). A Figura 7 apresenta um fluxograma para explicar todo o processo de extração pelo método químico tradicional. Pode ser visto em anexo o passo a passo da metodologia (ANEXO–XXIV).

Figura 7 - Fluxograma de Extração de Quitosana



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Após a extração da quitosana, foi feita a caracterização da mesma. Nessa etapa inicial a quitosana foi submetida à análises, de rendimento obtido da quitina e da quitosana extraída, espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier para determinar o grau de desacetilação (grau de pureza), Análise Termogravimétrica (TGA) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC).

O FTIR é uma forma de analisar a quitosana extraída à espectroscopia no infravermelho (IV) usando um espectrofotômetro (FTIR em Espectrofotômetro de Infravermelho). Essa técnica é vista como importante, pois é nela que pode ser determinado o grau de desacetilação da quitosana, sendo esse um dos parâmetros fundamentais para o polímero, já que isso pode definir a porcentagem do grupamento NH_2 livre, sua solubilidade e qualidade dependem deste fator. Nessa técnica é importante ressaltar que o cálculo é baseado nas bandas do grupamento carbonila (C=O), do N-acetil e também do grupo hidroxila (OH), que basicamente verifica valores da absorbância correspondente nas bandas de 1655 e 3450 cm^{-1} , ou seja, os grupos carbonila e hidroxila da quitosana. Os espectros foram obtidos na região de 400 a 4000/ cm usando 4 mg de quitosana que foram completamente misturados com 100 mg de KBr para produzir discos de 0,5 mm de espessura. Com base no espectro infravermelho, o grau de desacetilação foi determinado pela razão de absorbância

A1655/A3450 e calculado de acordo com a seguinte equação: $DD (\%) = 97,67 - [26,486 (A1655/A3400)]$ (OLIVEIRA, 2014).

Análise Termogravimétrica (TGA) é uma análise que tem como característica principal verificar as propriedades físicas e químicas da quitosana através da temperatura controlada e empregada na amostra para que possa trazer para quem vai analisar as informações e que possa indicar a qualidade do material. A termo balança permite a pesagem contínua do material, à medida que ela é aquecida ou resfriada pode se verificar a correlação entre temperatura e massa, o que permite comparação com a verificação de peso inicial com valor de peso final da amostra e permite entender o que a temperatura ocasiona no material, permitindo estabelecer em qual faixa de temperatura acontecem às reações químicas como desidratação (perda de umidade), oxidação, combustão, decomposição, etc. Seu comportamento mais comum, com aumento de temperatura é a perda de massa devido à evaporação de componentes voláteis como água, já seu ganho pode ocorrer por oxidações (DENARI, 2012).

A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) tem como principal objetivo fazer uma varredura que busca caracterizar uma biomolécula para verificar a sua estabilidade diante a elevação da temperatura, com uma taxa de aquecimento constante. Essa análise foi realizada utilizando um calorímetro (Shimadzu, modelo DSC-50WS) após aquecimento da amostra a partir de 25° °C a 500 ° C sob um fluxo laminar de N₂ (50 ml/min) a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min (NETO, 2005).

5.2 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA QUITOSANA

Para a modelagem matemática do processo de extração da quitosana foi feita a delimitação do estudo em um planejamento CCD para 3 fatores ou variáveis de extração, sendo elas: concentração de hidróxido de sódio (NaOH), temperatura e tempo da extração da quitosana. As respostas a serem modeladas e, posteriormente, otimizadas são o grau de desacetilação ou pureza e o cálculo de rendimento.

Tabela 4 – Delineamento experimental

Tipo	Bloco	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Concentração NaOH (%)
1	1	86,2	120	60
-1	1	110	150	66,81792831
-1	1	69,97333063	150	50
-1	1	110	200,4537849	50

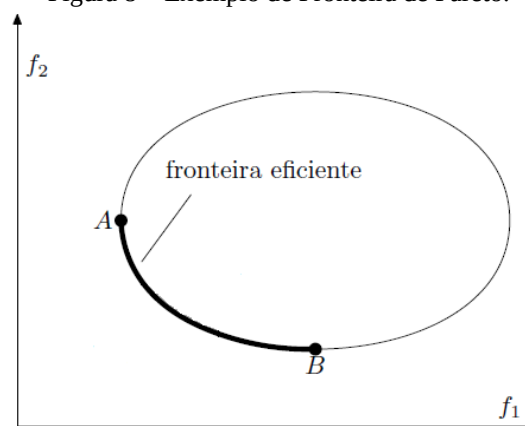
0	1	110	150	50
1	1	133,8	120	60
1	1	133,8	180	40
-1	1	110	150	33,18207169
0	1	110	150	50
-1	1	110	99,54621508	50
1	1	86,2	120	40
1	1	133,8	180	60
-1	1	150,0266694	150	50
0	1	110	150	50
1	1	86,2	180	60
1	1	86,2	180	40
1	1	133,8	120	40

FONTE: Elaborada pelo próprio autor (2023).

Após a realização dos experimentos será utilizada a metodologia de superfície de resposta (MSR) para a análise do resultado que consiste na modelagem das respostas, buscando sempre que possível, representar por meio dos modelos de segunda ordem. A metodologia é definida com o arranjo experimental já que a curvatura apresentada por estes define a localização de um ponto ótimo (RODRIGUES, 2015).

Será utilizada também a otimização multiobjetivo que tenta produzir um conjunto de soluções chamada de soluções Pareto ótimas. Uma solução é chamada Pareto ótima se nenhum objetivo pode ser melhorado sem sacrificar outro. A Figura 8, ilustra uma fronteira de Pareto para um problema multiobjectivo, sendo que os pontos A e B representam os pontos de ancoragem, ou seja, são as otimizações individuais de cada função objetivo.

Figura 8 – Exemplo de Fronteira de Pareto.



Fonte: ROCHA (2017 p 39).

O delineamento contém três pontos centrais e pontos mínimos e máximos modelados no Minitab Statistical Software, para a execução de cada extração seguindo a ordem aleatória para cada um deles. E o Método Normal Boundary Intersecção (NBI) será utilizado para a otimizar o problema multiobjetivo, gerando uma fronteira de Pareto com os pontos ótimos para o problema (ROCHA, 2017).

5.3 REVESTIMENTO DA MAÇARANDUBA

Será produzida uma solução para revestimento do fruto. Para isso, foi elaborada uma solução de quitosana utilizando (5 mg/mL) em ácido láctico a 1%, sendo necessário a utilização do PH para ajustar a solução a 5,7, utilizando hidróxido de sódio aquecido a 50° C em agitação magnética, até dissolver a solução sob agitação homogeneizando para ser obtido um gel de Quitosana (ATHAYDE, 2015).

Dentre os métodos utilizados para o revestimento o método utilizado será o de imersão, esse método por sua vez é um método seguro, fazendo com que a solução tenha aderência na casca do fruto, isso permite que a fruta seja completamente revestida e que forme uma barreira exterior contra microrganismos, após a retirada do fruto da solução, é colocado para a secagem.

. Ao todo serão utilizadas 5 unidades de fruta para cada grupo, onde serão feitas imersões por 3 minutos, sendo depois deixados para escorrer, eles foram colocados em tecido vual para drenar o líquido excedente. A cura foi feita por polimerização espontânea onde fará acompanhamento durante 5 tempos diferentes, sendo os tempos (0 / 5 / 10 / 15 / 20) a cada 5 dias para temperatura de refrigeração. Para frutas em temperatura ambiente serão apenas (0 / 5 / 10) durante 10 dias, o acompanhamento sendo diariamente, os frutos deixados em estufa com controle de temperatura ambiente a 28° C. Dois grupos controles serão utilizados, em que um deles será armazenado em temperatura ambiente e o outro em temperatura de refrigeração sendo esses grupos sem revestimentos.

Os grupos serão: MRQTA= Maçaranduba com revestimento de quitosana, armazenado a temperatura ambiente; MRQCTA = Maçaranduba com revestimento de quitosana comercial, armazenado a temperatura ambiente; MRQTR = Maçaranduba com revestimento de quitosana, armazenado a temperatura de refrigeração; MRQCTR = Maçaranduba com revestimento de quitosana comercial armazenado a temperatura de refrigeração e MTA = Maçaranduba sem revestimento de quitosana armazenado a

temperatura ambiente (Grupo Controle); e MTR = Maçaranduba sem revestimento de quitosana armazenado a temperatura de refrigeração (Grupo Controle) (GUERRA, 2015).

Após o tratamento dos frutos, será realizada a verificação de parâmetros de qualidade realizados a cada tempo por meio de uma avaliação física e química dos frutos para essa análise será utilizado os parâmetros de Perda de Massa, Sólidos Solúveis, Cor do Fruto, Umidade, pH, Acidez, Resíduo Mineral Fixo e Atividade de Água (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Para definir a perda de massa será feita a pesagem inicial em cada fruto, após o revestimento, sendo eles feito em duplicata para termos os valores de massa inicial e ao fim de cada tempo, para termos os valores de massa final do fruto. Os dados obtidos serão aplicados na seguinte equação (NUNES *et al.*, 2017):

$$\text{Perda de massa \%} = \frac{\text{Massa Inicial} - \text{Massa Final}}{\text{Massa Final}} \times 100$$

Já para verificação dos Sólidos Solúveis a amostra será colocada com auxílio da pipeta no leitor de refratômetro digital da marca Instrutherm, modelo RTD-45, com a temperatura da amostra e a do aparelho estabilizado, determinando-se, assim, o grau °Brix. As amostras serão realizadas em duplicata (HOLSBACH *et al.*, 2019).

Para determinar a coloração do fruto é necessário realizar o teste de colorimetria por meio de um colorímetro, será usado o modelo de colorímetro portátil tristímulus minolta CR-400, do Laboratório de Análises de Alimentos do UNIESP, com o sistema L* (Luminosidade), a* (+ para vermelhidão e – para cor verde) e b* (+ para cor amarela e – para cor azul). Os frutos serão avaliados ao final de cada tempo. As análises foram realizadas em triplicata para cada amostra (GUERRA, 2015). Para determinar o teor de umidade a secagem é feita em estufa a 105°C para verificar a água livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada e absorvida. A metodologia empregada foi a de extrado seco total em que foram pesadas 2 g da amostra em cápsula de metal, previamente tarada. São colocadas em estufas a 105 °C durante 24 horas e resfriada em dessecador até a temperatura ambiente. Após essa etapa é feita a pesagem final. As amostras foram realizadas em duplicata ao final de cada tempo (GUERRA, 2015).

Para a determinação do pH, é feito o procedimento de pesagem de 1g da

amostra, diluídos em béquer com 10 ml de água destilada e homogeneizada, para medir o pH da amostra com pHmetro calibrado, às análises foram feitas em duplicata ao final de cada tempo (OLIVEIRA, 2018).

Para a determinação de acidez para avaliar a acidez livre. Inicia o procedimento com a pesagem de 1 g depois foi transferido para um frasco Erlenmeyer de 250 mL com o auxílio de 100 mL de água. Foi adicionado 0.3 ml de fenolftaleína e titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1, até coloração rósea, feito em duplicata ao final de cada tempo (OLIVEIRA, 2018).

Resíduo Mineral Fixo – RMF ou Teor de Cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550 °C, Será pesado 2 g da amostra em um cadinho, previamente aquecido em forno mufla a 550°C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Já para a análise de da atividade de água foi realizada no Labmaster (modelo: Labmaster aw, Tecnal), onde as amostras foram pesadas e colocadas no analisador até a aferição da atividade de água (Aw) ambos feitos em duplicata ao final de cada tempo (INSTITUTO, 2008).

Todas as análises foram realizadas em duplicata, e os resultados expressos como a média dos dados obtidos em cada repetição. As análises estatísticas foram realizadas utilizando estatística descritiva (média e desvio padrão) e inferencial (testes ANOVA, seguido pelo teste de Tukey) para determinar diferenças estatisticamente significantes ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos utilizando o software Minitab Statistical Software.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA QUITOSANA

Os resultados mostram que o processo inicial de obtenção de quitina foi alcançado com êxito, sendo o rendimento da quitina dentro do esperado. O resultado foi de 17% de rendimento de quitina proveniente dos resíduos de camarão, o que é compatível com diversos artigos descritos na literatura, pois é comum obter entre 15% a 20% de quitina de resíduos de camarão do tipo *Litopenaeus vannamei*. Ao mesmo tempo é comum encontrar diferenças entre os valores devido a diversos fatores como a granulometria da amostra inicial, a ordem da execução do processo de obtenção de quitina, sazonalidade do camarão e também o tempo de execução e concentração de reagentes durante a extração da quitina (CAVALCANTI, 2014). O mesmo valor foi obtido também por Hossain (2014) que também utilizou a metodologia química convencional. Em Percot (2003) foi encontrado 20% de quitina a partir dos resíduos do camarão, o que fica dentro do intervalo esperado e que também foi obtido por Santos (2019) e Mohan (2021). Já Cahú (2012) obteve 25% de quitina dos resíduos do *Litopenaeus vannamei*, sendo esse um valor superior ao obtido e sua metodologia trouxe diferenças na concentração de NaOH na etapa de desproteinização e também na concentração de HCl na etapa de desmineralização sendo esses valores maiores de concentrações utilizadas pelo autor, o que pode ter sido o motivo de um maior rendimento. Em Campana (2007) foram obtidos valores menores, sendo 11% de quitina a partir de resíduos do camarão e também houve variação desses resultados a partir da utilização de resíduos de espécies diferentes do camarão como o *Macrobrachium rosenbergii* que obteve valores de 25% e o *Crangon crangon* que obteve apenas 5%. Ainda Henning (2009) chegou ao resultado de 6% de quitina. Também se deve levar em consideração que os valores podem variar a partir de sua estrutura que variam em três formas, sendo elas α -quitina β -quitina e γ -quitina que ocorrem normalmente na natureza (CAMPANA *et al.*, 2007).

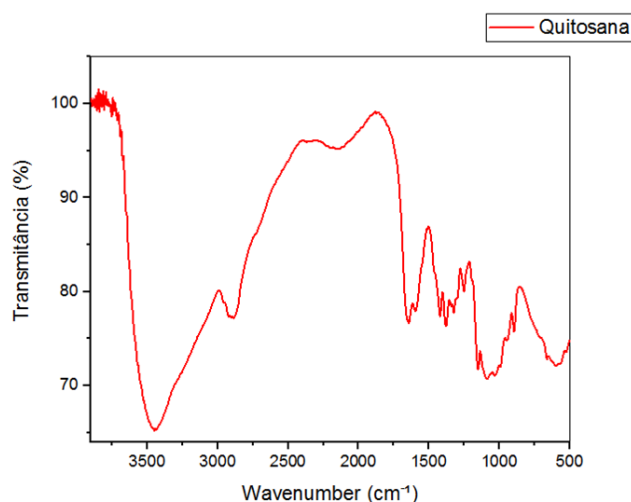
O rendimento da quitosana foi de 16%. Em Hossain (2014) foi obtido o valor de 15,40% sendo esse um valor aproximado e também foi utilizado o *Litopenaeus vannamei*. Em Moura (2006) foi obtido um valor inferior de 9%, porém vale ressaltar que após a etapa final houve um tratamento de purificação de quitosana, no qual antes desse tratamento ele tinha obtido 15% de quitosana. Alguns autores obtêm valores

superiores a 30% (COSTA, 2017). Rocha (2016) obteve 12%, e, além disso, comparou com o rendimento utilizando a metodologia de biofermentação, que teve um rendimento superior ao método químico tradicional. Em Henning (2009) foi obtido 14,20% de quitosana, porém foi realizado com o camarão *Penaeus brasiliensis*. Também foi utilizado como etapa inicial a desmineralização, o que diminui a obtenção da quitosana.

A partir do resultado do FTIR foi gerado o gráfico utilizado como referência para a definição do Grau de Desacetilação da quitosana onde o grau obtido foi 80,53%. O grau de desacetilação da quitosana foi obtido a partir da seguinte equação: $DD (\%) = 97,67 - [26,486 (A1655/A3400)]$ e foram utilizados os valores de absorbância nas bandas 1655 e em 3400. Alguns autores indicam a utilização das bandas em A1655 e A3450 por serem de fácil visualização durante o experimento e por apresentar mais fórmulas compatíveis para aplicação do cálculo de grau de desacetilação (LISBOA, 2012). No trabalho de referência onde sua metodologia foi adaptada a partir do estudo em Chang (1997) o valor obtido foi de 75%. Entretanto, a metodologia empregada para a obtenção do valor é diferente, utilizando-se o método de titulação e não o de FTIR, sendo que este último possui maior precisão. Alguns autores não consideram quitosana valores inferiores a 75% como quitosana, e sim como quitina, porém atualmente com os avanços na análise do grau de desacetilação, é possível identificar que mesmo abaixo desse valor pode se afirmar que é quitosana (GARCIA *et al.*, 2020). Esse valor de 80,53% fica dentro do intervalo esperado de grau de quitosana, segundo Cahú (2012), onde a extração de quitosana do *Litopenaeus vannamei* gerou resultados entre 60% a 80% de grau de desacetilação utilizando o FTIR como referência para análise. Ou seja, com esse valor obtido da extração pode ser caracterizado como quitosana (MINAGAWA, 2007). Sendo compatível com o que foi encontrado em Chik (2022) de 80,78%. Também têm-se valores aproximados em pesquisa de Hossain (2014) que conseguiu extrair com um grau de 81,24% de Grau de Desacetilação. Sendo um valor aproximado da quitosana comercial do fabricante Fluka® que tem 85% como grau de Desacetilação (SANTOS *et al.*, 2003).

Segundo o gráfico de FTIR (Figura 9) obtido, podem-se encontrar "bandas" que são características da quitosana com a banda 1655 cm^{-1} o pico de Amida I, e a banda 3450 cm^{-1} o estiramento da carboxila OH. Além disso, é possível observar um valor próximo de 900 cm^{-1} que é características de uma ligação β que é comum na estrutura da quitosana. Desta forma, o resultado encontrado está compatível com outros resultados encontrados na literatura (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Figura 9 – Gráfico do Infravermelho da Quitosana

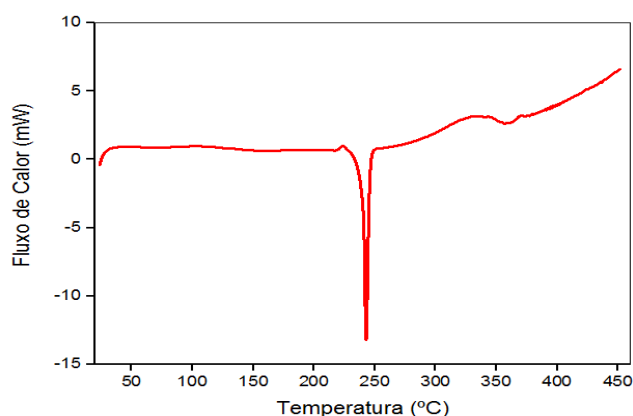


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Foi realizada também a análise da Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) da quitosana extraída, conforme pode ser visto na Figura 10, Feita para verificar a estabilidade das moléculas a partir da elevação da temperatura, o resultado mostra que, na temperatura 234 °C obteve-se um pico endotérmico. Já o pico exotérmico iniciou em temperatura acima de 250 °C, referente ao processo de decomposição de matérias como proteína. Já o último pico exotérmico ocorre em 336 °C finalizando com a queima do material carbonizado, o valor obtido por Kock (2009), foi de 275° C para seu pico exotérmico, apresentando um valor abaixo.

Em outros trabalhos que utilizaram resíduos provenientes de *Litopenaeus vannamei* foram vistas semelhanças nas temperaturas encontradas como em Al Sagheer (2009) que apesar de utilizar outras fontes de quitosana, mostrou resultados semelhantes entre elas e Oliveira (2014) que utilizou quitosana de extraída de fungos, no qual a quitosana teve o mesmo comportamento, porém com valores inferiores ao encontrado.

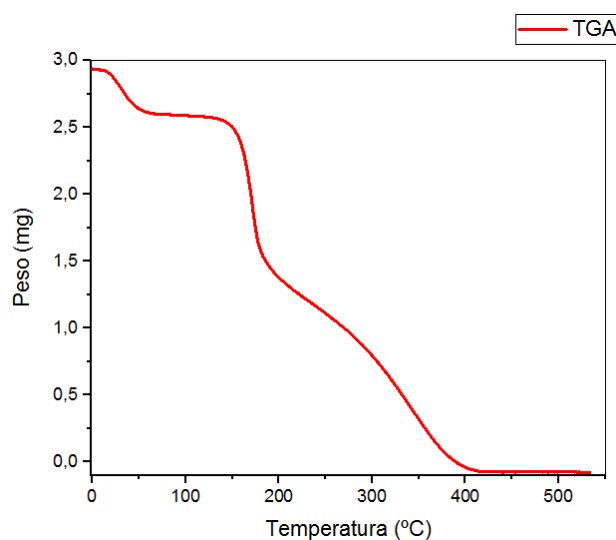
Figura 10 – Gráfico do DSC



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Foi realizado o TGA, conforme pode ser visto na Figura 11, em que foi comparado o peso inicial da amostra até o peso final após o seu aquecimento constante. É visto que a quitosana é degradada normalmente em três estágios, o de degradação a segunda a de decomposição do material e por fim a carbonização do material. O comportamento da amostra começa com a perda de água próximo de 100° C, sendo compatível com Kock (2009). Observou-se que a amostra perde a sua estabilidade térmica a partir dos 230 °C foi encontrado esse valor também por Oliveira (2014) sendo percebida diferença de resultados como, por exemplo, em Cardenas (2004) no qual esse ponto é 313°C. Entretanto, no seu trabalho há alguns fatores diferentes como o grau de desacetilação ser de 76%. O trabalho de Kumar (2012) apresenta a mesma faixa de temperatura, ocorrendo mais da metade da perda de massa a partir dos 200°C. A carbonização total da quitosana ocorreu acima de 400°C e existem trabalhos que mostram a carbonização acima de 500°C (SALES, 2009). Já para a quitosana do tipo comercial seu comportamento costuma ser diferente, devido a ser um material mais resistente à temperatura e a sua carbonização pode chegar até 700 ° C (SANTOS *et al.*, 2003).

Figura 11 – Gráfico do TGA



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

6.2 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA QUITOSANA

Na Tabela 5, foram escolhidos os parâmetros de Temperatura (°C), Tempo (minutos) e Concentração de NaOH (%), conforme Weska (2007), Younes (2014) e

Pinto (2014), visto os parâmetros mínimos e máximos que foram utilizados para extração da quitosana.

Tabela 5 – Parâmetros usados nos experimentos.

Fatores	Níveis				
	-1,682	-1	0	1	1,682
Temperatura (° C)	69,973	86,200	110,000	133,800	150,027
Tempo (minutos)	99,546	120,000	150,000	180,000	200,454
Concentração de NaOH (%)	33,182	40,000	50,000	60,000	66,818

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2023).

A Tabela 6, apresenta os resultados gerados de rendimento e de pureza da quitosana, sendo o resultado obtido através do FTIR apresentado na Figura 12. O menor resultado de rendimento aconteceu na condição experimental 10 com valor de 0,376 que coincide com a maior temperatura do experimento. Já o maior rendimento ocorreu no experimento 12, o que também coincide com o maior tempo e seu valor de rendimento é de 4,390. Os pontos centrais da amostra tiveram seus valores dentro do esperado na replicação do processo. O grau de pureza da quitosana que tem o seu menor valor ocorreu no maior valor de concentração de NaOH, no experimento número 14 e o seu maior grau, foi obtido no experimento número 4. Os valores com rendimento acima de 2g foram os experimentos 2, 6, 11, 12 e 15. Já os melhores valores em pureza, ou seja, acima de 84% são os experimentos 1, 2, 4 e 13. O Experimento 2, conseguiu obter o melhor resultado em relação ao rendimento e pureza. Os experimentos que utilizaram os tempos de 180 minutos, não obtiveram rendimentos acima de 2g. O experimento 6 apesar de não obter um grau de desacetilação acima de 80%, teve um rendimento acima de 2g, utilizando temperatura e concentração de hidróxido alta. A média dos valores obtidos foi de 81,18% no grau de pureza o que ficou bem superior quando comparado com Pinto (2014). Chang (1997) obteve a média dos valores utilizados a mesma metodologia de extração, de aproximadamente 70% de grau de pureza, porém a metodologia de verificação do grau da quitosana foi por titulação e devido a isso a variação na resposta encontrada é diferente, pois a forma que a quitosana é analisada e o método de execução da análise influência no resultado final (KHAN, 2002). Moura (2014) também fez uma otimização do processo de extração de quitosana levando em consideração três variáveis, sendo ela tempo e concentração de NaOH e a razão NaOH e

quitina, seu valores de tempo foram 90 minutos e 240 minutos e de concentração foram de 40 e 45%, para avaliar o grau de desacetilação. Ao utilizar 40% de NaOH e 90 minutos obteve um grau de 78%, já utilizando 120 minutos foi obtido no experimento 2 um maior valor, isso dá-se também por outros fatores como temperatura, porém nesse estudo também utilizou-se 120 °C, ou seja ambos utilizaram a mesma temperatura, então pode-se concluir que a diferença pode ter sido devido à influência do tempo na extração e pode-se ver também uma semelhança quando esse estudo utilizou 240 minutos, com a mesma temperatura e concentração de NaOH obteve 88% e o nosso estudo obteve 87%. Já Antonino (2016) encontrou um valor superior em seu processo de extração, sendo que a média dos resultados foi de 92%.

Tabela 6 – CCD para Rendimento (g) e Pureza (%).

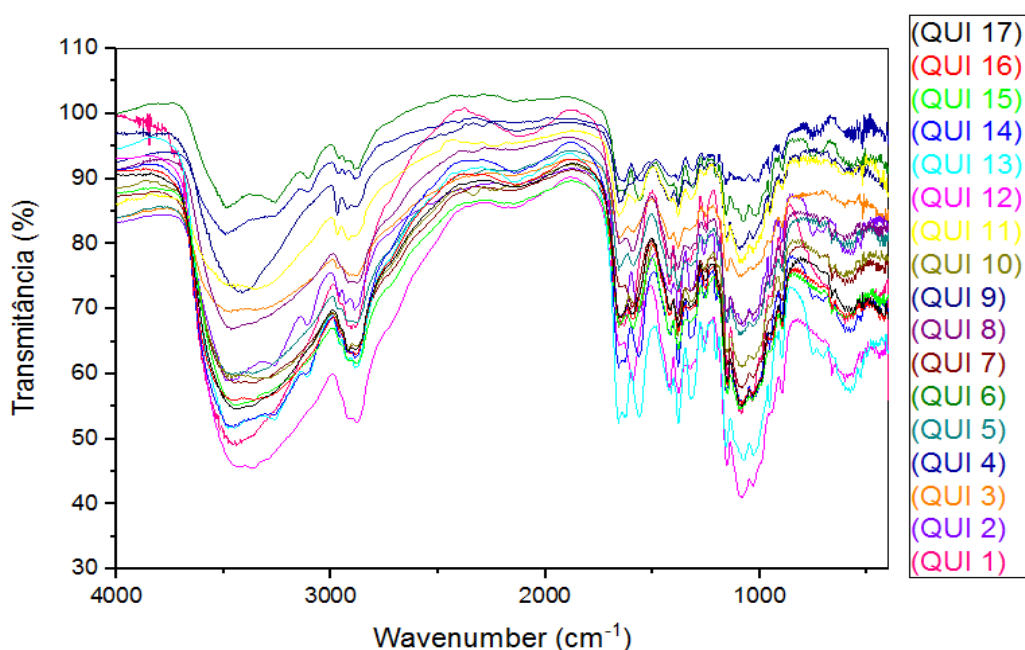
n	Temperatura (°C)	Tempo (minutos)	Concentração de NaOH (%)	Rendimento (g)	Pureza (%)
1	-1	-1	-1	1,259	84,420
2	+1	-1	-1	2,555	87,480
3	-1	+1	-1	1,159	75,590
4	+1	+1	-1	0,994	88,320
5	-1	-1	+1	1,217	77,200
6	+1	-1	+1	2,446	77,800
7	-1	+1	+1	1,523	83,400
8	+1	+1	+1	1,048	82,420
9	-1,682	0	0	1,432	78,400
10	+1,682	0	0	0,376	82,690
11	0	-1,682	0	3,051	81,770
12	0	+1,682	0	4,390	83,540
13	0	0	-1,628	1,105	84,420
14	0	0	+1,682	1,381	70,200
15	0	0	0	2,336	80,710
16	0	0	0	2,334	80,710
17	0	0	0	2,339	81,370

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Figura 12, podem-se observar os gráficos obtidos por meio da análise de Espectroscopia de Infravermelho (FTIR), sendo cada um dos gráficos correspondentes à análise do material obtido em cada condição experimental. Os gráficos estão dispostos de 1 a 17, numerados a partir da ordem do experimento no planejamento experimental, conforme visto na Tabela 6. Pode-se observar que os gráficos com os maiores

estiramentos na região 3400 cm^{-1} possuem maior grau de desacetilação, isso se dá pelo fato de maior desacetilação de quitina e formação do OH. Também pode ser notado que junto dos grupos de gráficos que têm associação com estiramento na banda de amida I em 1655 cm^{-1} os maiores valores de grau são obtidos. Pode-se observar que o alongamento próximo de 2950 cm^{-1} de CH, é relacionado com maiores graus de quitosana. Por exemplo, a quitosana 6, não obteve um longo estiramento na região de 3400 cm^{-1} visto no extremo superior do gráfico, em que teve um grau abaixo de 80%. Já na quitosana 12, pode-se observar o aumento significativo nessa região sendo essa com um valor superior a 80%. Outra comparação válida são os gráficos 14 e o 4. Pode-se ver que no gráfico 14 não ocorreu uma grande proporção entre o estiramento da região 3400 cm^{-1} e o alongamento em 2950 cm^{-1} , pode-se dizer que não foi tão expressivo como no gráfico 4, pois é visto um maior estiramento entre as duas regiões. Já outra comparação válida é na região em 1655 cm^{-1} , por exemplo, e comparando os gráficos 6 e 13 pode-se ver um maior estiramento em 13, e um menor no gráfico 6, na banda de amida I, ou seja pode-se verificar como esse estiramento influencia no grau de desacetilação, sendo maior o gráfico 13, do que o gráfico 6. Comportamento observado também nos gráficos obtidos por Andrade (2012).

Figura 12 – Gráficos do FTIR das quitosana extraídas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Tabela 7, pode-se verificar os resultados para as funções objetivos para aplicação na metodologia de otimização através da regressão múltipla e ANOVA do modelo, onde pode se observar o valor de determinação (R^2) para rendimento igual a 77,55% e pureza igual a 81,72% que é considerado um valor elevado, sendo o modelo explicado de 2º ordem, com valor de p significativo ($p\text{-value} < 0,05$). Dessa forma, alguns fatores foram importantes estatisticamente e com valores que rejeitaram a hipótese nula sendo a Temperatura e Concentração significativa para a Pureza, além disso, Tempo x Concentração e Temperatura x Concentração também foram significativos para a Pureza, já para o rendimento a correlação entre Temperatura x Temperatura, Concentração x Concentração foram significativos para o modelo. O estudo de Pinto (2014), não encontrou significância em seus resultados o que indica diferença nas metodologias empregadas de extração. Já em Weska (2007), em sua otimização focada na viscosidade e correlação com o grau de desacetilação, ele obteve um grau de 90% de pureza, porém o método de aferição do grau foi por meio de titulação, além disso, o valor de (R^2) obtido em sua resposta foi de 94%. O estudo de Moura (2014) também encontrou valores ($p < 0,001$), para a influência entre tempo x concentração de NaOH, sendo o tempo o que teve o maior valor em relação ao grau de pureza da quitosana.

Tabela 7 – Modelos matemáticos para as funções objetivo.

Termos	Rendimento (g)	Pureza (%)
Constante	2,363	81,185
Temperatura	0,008	1,657
Tempo	-0,037	0,425
Concentração	0,054	-2,849
Temperatura x Temperatura	-0,597	0,000
Tempo x Tempo	0,399	0,956
Concentração x Concentração	-0,477	-0,934
Temperatura x Tempo	-0,396	0,000
Temperatura x Concentração	0,000	-2,021
Tempo x Concentração	0,000	2,351
P-value	0,021	0,009
R^2 (%)	77,55%	81,72%

Valores em negrito representam termos significantes no modelo ($p\text{-value} < 5\%$).

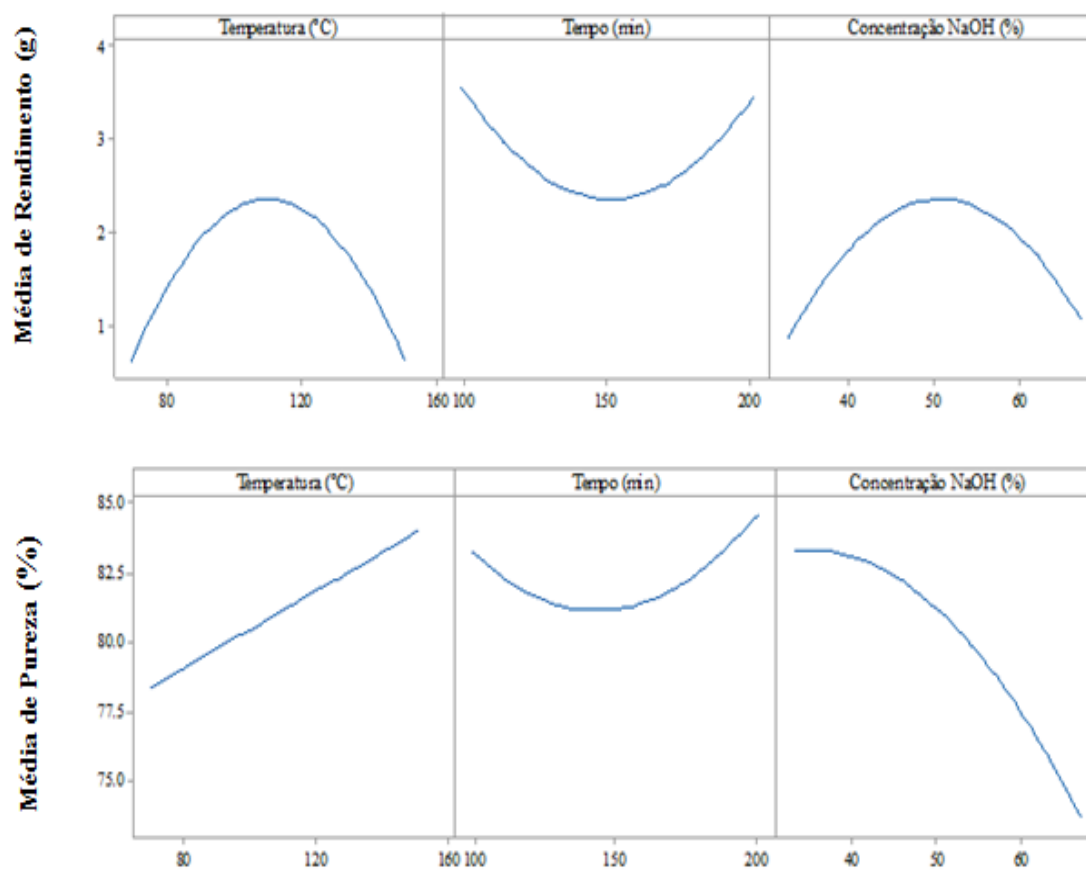
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Figura 13, pode-se verificar como cada variável afeta cada resposta. Os resultados apresentados mostram o comportamento do rendimento em comparação com o tempo, também foi encontrado em Hossain (2014) onde o mesmo utilizou da mesma metodologia. O uso de tempos maiores aumenta o rendimento da quitosana e foi a influência do tempo que gerou os melhores rendimentos obtidos, foi visto também que para um melhor rendimento, a melhor temperatura é na faixa de 120°, o que coincide com He (2016), pois temperaturas inferiores não atingem o auge máximo de rendimento. Moura (2006) utilizando 80°C na temperatura de extração obteve rendimento parecido ao obtido, porém vale ressaltar que foi utilizada concentração de 50% de NaOH e 120 minutos. É notado que acima dessa faixa de temperatura também é encontrado um menor rendimento.

O mesmo foi encontrado em relação à concentração de hidróxido de sódio, que em concentrações com 50% obtiveram-se os melhores resultados quando comparado com os demais, sendo esperado segundo Weska (2007). Já o tempo tem comportamento diferente, foi o inverso ao comportamento da temperatura, os menores rendimentos foram utilizando a variável de 150 minutos. Cavalcanti (2014) mostra a influência do tempo em relação ao rendimento e grau de desacetilação para a desacetilação da quitosana. O grau de pureza teve um resultado que mostra um crescimento linear entre o grau e a temperatura, há um padrão onde quanto maior a temperatura melhor é o grau obtido. Lisboa (2012) também encontrou esse comportamento. O tempo também teve um comportamento semelhante ao de rendimento em que na variável de 150 minutos teve um grau menor em comparação com os demais tempos estabelecidos, porém obteve-se também os melhores resultados. Isso acontece devido a um maior tempo para conversão de quitina em quitosana (CAVALCANTI, 2014).

Por fim, o comportamento da concentração, em relação ao grau, que se comportou de modo que quanto maior a concentração, menor é o grau obtido. Em Al Sagheer (2009) o fator tempo teve um comportamento semelhante em relação a iniciar em declínio e aumentar após chegar a um ponto mínimo, porém foi usado um intervalo de tempos diferentes no experimento. Hossain (2014) também observou a queda em relação ao rendimento em concentração acima de 60%. Júnior (2013) em seu estudo focou no rendimento mostrou que os parâmetros de temperatura e tempo influência nos rendimentos obtidos, o que corrobora com o encontrado na otimização.

Figura 13. Gráficos de efeito principal para Rendimento (g) e Pureza (%).

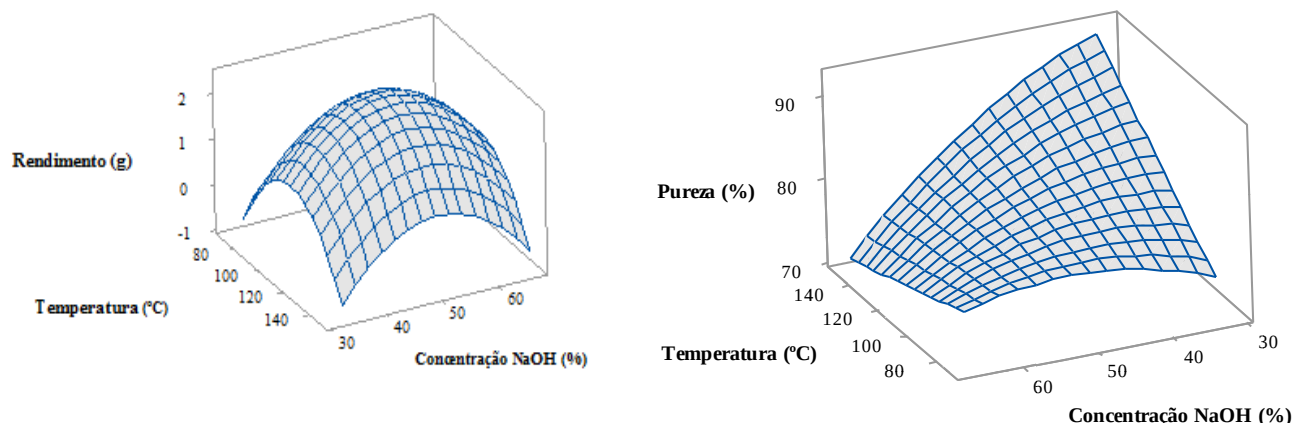


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

O Gráfico de Superfície de resposta apresentado na Figura 14. Podem ser observados os resultados de MSR, em relação ao rendimento viu-se que as em pontos de maiores e menores concentrações de hidróxido os resultados obtidos foram inferiores, pois, visto que em concentrações abaixo de 35% e acima de 55% são pontos de menores rendimentos gerados na extração. Isso também é notado na temperatura em que valores abaixo de 80 e maiores que 140 não possuem o mesmo comportamento.

Fica nítido que os valores para um rendimento ideal para obter a melhor resposta de superfície fica entre os valores 100°C e 120 °C e com concentração de hidróxido próximo de 50%. Já a correlação entre o grau de pureza não teve resultados tão acentuados como no gráfico de rendimento.

Figura 14. Superfície de resposta para e Rendimento (g) e Pureza (%) (*Tempo* = 150 minutos).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

A partir do conjunto dos pontos não dominados (Pareto ótimos), definiu-se o melhor ponto Pareto ótimo como a solução final para o problema multiobjetivo proposto. A escolha se deu pelo ponto que maximizava "Rendimento x Pureza". O ponto ótimo escolhido pode ser visto na Tabela 8 em que foram atribuídos pesos w_1 e w_2 para o Rendimento e para a Pureza respectivamente. A Figura 15 apresenta a fronteira de Pareto para o problema multiobjetivo analisado sendo que o ponto ótimo escolhido como solução final para o problema (ponto 5 na Tabela 8) encontra-se em destaque.

Tabela 8 – Resultados da otimização multiobjetivo

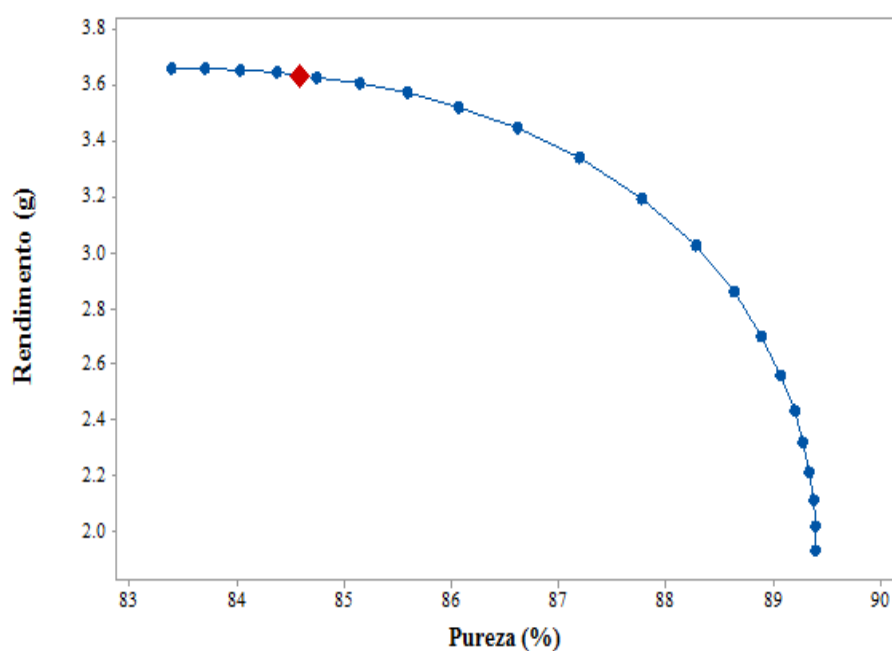
N	Pesos		Rendimento (g)	Pureza (%)	Temperatura (°C)	Tempo (minutos)	Concentração de NaOH (%)
	w_1	w_2					
1	1,00	0,00	3,662	83,400	117,533	100,455	50,289
2	0,95	0,05	3,660	83,707	117,655	100,479	49,882
3	0,90	0,10	3,655	84,033	117,798	100,541	49,443
4	0,85	0,15	3,645	84,379	117,982	100,657	48,970
5	0,82	0,18	3,637	84,584	118,108	100,750	48,685
6	0,80	0,20	3,630	84,750	118,198	100,835	48,450
7	0,75	0,25	3,606	85,152	118,475	101,104	47,874
8	0,70	0,30	3,571	85,591	118,820	101,495	47,226
9	0,65	0,35	3,520	86,076	119,269	102,065	46,483
10	0,60	0,40	3,446	86,613	119,878	102,906	45,620

11	0,55	0,45	3,339	87,196	120,723	104,140	44,628
12	0,50	0,50	3,194	87,778	121,832	105,846	43,557
13	0,45	0,55	3,025	88,274	123,108	107,886	42,554
14	0,40	0,60	2,857	88,640	124,375	109,981	41,729
15	0,35	0,65	2,702	88,895	125,543	111,967	41,086
16	0,30	0,70	2,562	89,071	126,600	113,813	40,582
17	0,25	0,75	2,435	89,194	127,563	115,535	40,181
18	0,20	0,80	2,319	89,278	128,440	117,155	39,854
19	0,15	0,85	2,212	89,335	129,252	118,693	39,583
20	0,10	0,90	2,112	89,371	130,019	120,169	39,360
21	0,05	0,95	2,018	89,390	130,635	121,581	39,140
22	0,00	1,00	1,929	89,396	131,245	122,961	38,958

Valores em negrito representam a solução final do problema (melhor ponto Pareto ótimo)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Figura 15. Fronteira de Pareto entre Rendimento (g) e Pureza (%).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

A Tabela 9, indica os intervalos de confiança para as respostas associadas ao melhor ponto Pareto ótimo escolhido como a solução final para o problema multiobjetivo proposto (ponto ótimo de Pareto número 5, na Tabela 9). A probabilidade adotada é de 95%, ou seja, $\alpha = 5\%$.

Tabela 9 – Intervalos de confiança para o ponto ótimo

Respostas	Limite Inferior	Resultado previsto	Limite Superior	Desvio-padrão	CV
-----------	-----------------	--------------------	-----------------	---------------	----

Rendimento	2.347	3.637	4.927	0.546	0.150
Pureza	79.309	84.584	89.859	2.231	0.026

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Para validar os modelos matemáticos gerados, os experimentos de confirmação foram realizados em triplicada para a condição ótima de extração de quitosana, ou seja, temperatura de 118,1°C, tempo de 100,7 minutos e concentração de NaOH de 48,7%. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados dos experimentos de confirmação

Respostas	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Média	Desvio-padrão	CV (%)
Rendimento (g)	3,429	3,410	3,285	3,375	0,078	2,318
Pureza (%)	84,420	82,530	80,350	82,433	2,037	2,471

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Com base nos resultados apresentados na Tabela 10, constata-se que os valores de Rendimento e Pureza para a condição ótima de extração de quitosana apresentaram-se dentro do intervalo de confiança previsto, o que valida os modelos matemáticos obtidos e o processo de otimização realizado.

6.3 REVESTIMENTO DA MAÇARANDUBA

Neste tópico serão apresentados os resultados para as análises dos frutos após os experimentos de revestimento. Conforme mencionado na metodologia, serão utilizados 120 frutos, sendo 75 em temperatura de refrigeração e 45 em temperatura ambiente, durante 20 dias, usando 6 condições experimentais para cada grupo sendo eles: MRQTA= Maçaranduba com revestimento de quitosana, armazenado a temperatura ambiente; MRQCTA = Maçaranduba com revestimento de quitosana comercial, armazenado a temperatura ambiente; MRQTR = Maçaranduba com revestimento de quitosana, armazenado a temperatura de refrigeração; MRQCTR = Maçaranduba com revestimento de quitosana comercial armazenado a temperatura de refrigeração e MTA = Maçaranduba sem revestimento de quitosana armazenado a temperatura ambiente (Grupo Controle); e MTR = Maçaranduba sem revestimento de quitosana armazenado a temperatura de refrigeração (Grupo Controle). Os frutos foram acompanhados até sua completa deterioração e as análises foram realizadas no período tempo inicial, 5 dias, 10 dias, 15 dias e 20 dias. As análises realizadas foram: Atividade de Água (Aw), Sólidos Solúveis, Resíduo Mineral Fixo, Teor de Umidade, Acidez Livre, pH, Perda de Massa, e Cor. Os resultados para Atividade de água são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Análise de Atividade de Água

	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	0,962± 0,001 ^A	0,948±0,001 ^{BC}	0,910± 0,001 ^C	-	-
MRQCTA	0,958± 0,004 ^A	0,946± 0,001 ^C	0,918± 0,001 ^C	-	-
MRQTR	0,962± 0,001 ^A	0,958± 0,001 ^A	0,962± 0,001 ^A	0,956± 0,001 ^A	0,961± 0,000 ^A
MRQCTR	0,958± 0,004 ^A	0,958± 0,005 ^A	0,966± 0,005 ^A	0,954± 0,001 ^A	0,960± 0,001 ^A
MTA	0,954± 0,011 ^A	0,950± 0,002 ^{ABC}	0,935± 0,001 ^B	-	-
MTR	0,954± 0,011 ^A	0,956±0,001 ^{AB}	0,962± 0,002 ^A	0,952± 0,001 ^B	0,958±0,001 ^A
P-value	0,786	0,004	0,000	0,013	0,065

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Os resultados obtidos para a atividade de água demonstram que a maçaranduba possui uma atividade de água considerada alta o que facilita para o crescimento de microrganismo e atividades enzimáticas. A atividade de água alta é comum em frutas por isso é um alimento com um deterioramento muito rápido em comparação com outros alimentos (PEREIRA, 2006). A maçaranduba não possui nenhum artigo sobre seus aspectos físicos e químicos, por isso os resultados apresentados podem contribuir para o conhecimento sobre o fruto. Os resultados comparados com outro fruto da família das sapotáceas no caso o Sapoti, traz o resultado médio de 0,990 (SOUSA, 2012). Sendo esse um resultado superior ao da maçaranduba.

Os resultados obtidos na Tabela 11, mostram que no tempo 0 não houve diferença, estatisticamente significativa nos resultados. No tempo 5 houve diferença estatisticamente significativa nos resultados ($p\text{-value} = 0,004$). Nota-se que os grupos em temperatura de refrigeração apresentaram os melhores resultados, principalmente os grupos com revestimento de quitosana. Já os de temperatura ambiente tiveram uma redução de seus valores, indicando que os tratamentos foram menos eficazes. No tempo 10, o valor de p foi igual a 0,000, sendo que de maneira geral os grupos em temperatura de refrigeração conservaram a atividade de água do fruto. Os grupos de temperatura ambiente tiveram redução em sua atividade de água, sendo os grupos com revestimento de quitosana ineficaz para a manutenção da atividade de água do fruto nessa condição.

Em Tokatli (2020), o revestimento de quitosana em relação à atividade de água teve o mesmo comportamento ao longo do período de tempo, trazendo a redução da atividade de água, isso se dá pela perda de umidade para o ambiente, e a pressão causada no fruto. Segundo Fennema (2010) essa redução ao longo do tempo mostra que

a água livre foi utilizada para reações de microrganismos no fruto, o que coincide com a presença de fungos nas frutas em temperatura ambiente, além disso, pode ser notado o escurecimento enzimático dos frutos, já que frutas com mais disponibilidade de água livre têm maior tendência em relação a acelerar as reações enzimáticas da fruta. A partir do tempo 15, foram realizadas apenas as análises em frutas em temperatura de refrigeração, pois os frutos em temperatura ambiente tiveram crescimento fúngico, também se notou que os frutos murcharam pelo fato de suas cascas racharem e vazarem polpa para o ambiente. Ficando inviável continuar após os 10 dias armazenados em temperatura ambiente a 28 °C, também foi possível observar que os frutos em temperatura ambiente tiveram um escurecimento enzimático a partir do tempo 5.

Os resultados do valor *p* obtido pelo tempo 15 para Atividade de água foi de 0,013. Nesse tempo obteve-se o melhor resultado em relação ao grupo dos frutos revestidos com a quitosana, ou seja, pode-se concluir que os frutos revestidos em comparação ao grupo controle, são mais eficientes em relação à manutenção da atividade de água dos frutos. Já para o tempo 20, as diferenças nos resultados não foram significantes estatisticamente.

Tabela 12 – Análise de Grau °Brix

	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	22,400± 0,000 ^D	26,500± 0,141 ^B	41,050± 1,480 ^A	-	-
MRQCTA	23,900± 0,000 ^B	27,950± 0,354 ^A	38,150± 1,061 ^A	-	-
MRQTR	22,400± 0,000 ^C	21,400± 0,141 ^D	21,700± 0,566 ^B	25,150± 0,212 ^A	24,1500± 0,071 ^B
MRQCTR	23,900± 0,000 ^A	21,200± 0,00 ^D	25,950± 1,630 ^B	22,600± 0,000 ^B	24,000± 0,000 ^B
MTA	20,800± 0,000 ^F	25,950± 0,071 ^B	38,800± 1,131 ^A	-	-
MTR	20,800± 0,000 ^E	23,400± 0,424 ^C	26,500± 3,250 ^B	23,500± 0,141 ^B	26,500± 0,424 ^A
P-value	-	0,000	0,000	0,013	0,026

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Tabela 12, as análises de sólidos solúveis mostraram resultados que o grau °Brix da fruta em comparação ao Sapoti é bem superior. Sousa (2012) encontrou 13,7° em seu valor de grau °Brix, já Oliveira (2011) mostrou 15,67° um resultado aproximado da maçaranduba. O grau °Brix é importante para mensurar o quão é o sabor doce da fruta, esses valores dependem de vários fatores, normalmente sabe-se que ao decorrer da maturação do fruto esse valor irá aumentar.

A análise de variância no tempo 0 não foi possível calcular pois quando os

valores das réplicas são iguais, tem-se erro zero não sendo possível o cálculo, sendo notado o desvio padrão das análises que também foi zero. No tempo 5 as diferenças dos resultados foram estatisticamente significativas obtendo o valor de p igual a 0,000 no teste ANOVA. Os resultados no tempo 5 mostram que os frutos com maiores grau °Brix foram aqueles deixados à temperatura ambiente, o que é comum após a maturação do fruto aumentar o seu grau °Brix, isso ilustra as reações químicas que ocorrem na degradação do fruto. Em Jorge (2011), os valores obtidos com revestimento de quitosana em maçãs tiveram comportamento diferente, após o início do experimento, pois a maçã manteve seu °Brix constante até o final do experimento.

No tempo 10 valor de p igual a 0,000 demonstra que os maiores graus obtidos foram dos grupos em temperatura ambiente, o que vem se mantendo constante. Além disso, ocorreu aumento em menor proporção nos frutos em temperatura de refrigeração. É comum após a maturação do fruto, aumentar o seu grau °Brix. Nos tempos 15 e 20 ocorreram diferenças significativas estatisticamente sendo os valores de p iguais a 0,013 e 0,026, respectivamente. Entretanto, os valores encontrados em ambos os tempos não apresentaram aumentos significativos em relação ao grau °Brix. Porém, é possível notar uma tendência de alta nos valores do grau °Brix (ver ANEXO - XV). Em Oliveira (2014), teve o mesmo comportamento de crescimento de grau °Brix, além disso, os frutos sem revestimento tiveram o maior aumento de grau °Brix, também foi encontrado os mesmos valores após 15 dias com o sapoti (FOO, 2019). O mesmo comportamento também foi encontrado por Júnior (2010).

Tabela 13 – Análise de Resíduo Mineral Fixo.

	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	0,005± 0,000 ^A	0,009± 0,001 ^A	0,016± 0,000 ^A	-	-
MRQCTA	0,007 ± 0,001 ^A	0,008± 0,000 ^A	0,011± 0,004 ^A	-	-
MRQTR	0,005± 0,000 ^A	0,006± 0,000 ^B	0,022± 0,023 ^A	0,006± 0,001 ^A	0,005± 0,001 ^A
MRQCTR	0,007± 0,001 ^A	0,005± 0,001 ^B	0,008± 0,000 ^A	0,005± 0,000 ^A	0,006± 0,000 ^A
MTA	0,006± 0,000 ^A	0,008± 0,001 ^A	0,012± 0,003 ^A	-	-
MTR	0,006 ± 0,000 ^A	0,007± 0,000 ^{AB}	0,008± 0,003 ^A	0,006± 0,000 ^A	0,006± 0,000 ^A
P-value	0,163	0,005	0,707	0,245	0,088

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

A Tabela 13 apresenta os resultados de resíduo mineral fixo ou simplesmente cinzas. Em Silva (2020) foi mostrado que o sapoti tem como resultados de cinzas 0,41%, o que é próximo dos valores encontrados para a maçaranduba. Os maiores resultados foram encontrados nos grupos de temperatura ambiente, sendo possível que isso se deva a fatores como perda de massa, redução da água livre entre outros fatores que as frutas em temperatura ambiente apresentaram, de modo que a concentração de minerais aumenta. Os tempos 10, 15 e 20 não obtiveram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos relacionados ($p\text{-value} > 0,05$), sendo que somente os grupos analisados no tempo 5 apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p\text{-value} < 0,05$). Apesar disso, é possível notar que há uma tendência de aumento nos valores obtidos ao longo do tempo, principalmente nos frutos sem revestimento (ver ANEXO - XIV), valores esses próximos aos apresentados por Vieira (2016). O aumento pode estar relacionado com a maturação do fruto, que faz com que o fruto perca umidade, mas sem perder minerais, portanto, aumentando a concentração de minerais.

Tabela 14 – Análise de Teor de Umidade

	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	0,723 ± 0,723 ^A	0,627± 0,003 ^C	0,423 ± 0,021 ^B	-	-
MRQCTA	0,681 ± 0,021 ^A	0,629± 0,032 ^C	0,505± 0,001 ^B	-	-
MRQTR	0,723 ± 0,001 ^A	0,705± 0,015 ^{AB}	0,708 ± 0,003 ^A	0,693± 0,003 ^A	0,692 ± 0,010 ^A
MRQCTR	0,681 ± 0,021 ^A	0,715± 0,003 ^A	0,684 ± 0,031 ^A	0,696 ± 0,003 ^A	0,667 ± 0,003 ^A
MTA	0,719 ± 0,005 ^A	0,642 ± 0,019 ^{BC}	0,450 ± 0,037 ^B	-	-
MTR	0,719 ± 0,005 ^A	0,684 ± 0,004 ^{ABC}	0,708 ± 0,002 ^A	0,682± 0,012 ^A	0,683± 0,006 ^A
P-Value	0,032	0,005	0,000	0,256	0,073

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Tabela 14, os resultados de teor de umidade foram próximos nos grupos, além disso, ao comparar com o Sapoti o fruto tem um valor apenas um pouco inferior, sendo a fruta com menos teor de umidade (SILVA, 2020). Os resultados no tempo 0 de Teor de Umidade foram significativamente diferentes estatisticamente, como pode ser notado pelo $p\text{-value}$ menor que 0,05 (0,032). Porém, o teste de Tukey não foi capaz de separar os subgrupos com as diferenças, devido à sua característica de considerar variâncias constantes.

No tempo 5 o valor de p foi menor que 0,05, mostrando que os melhores resultados para manutenção da umidade do fruto foram obtidos no grupo com a quitosana (tanto a comercial, quanto a extraída) em comparação com os demais. Foi notado também que os frutos em temperatura ambiente, perdem maior umidade, o que era esperado, assim como na atividade de água, os frutos em temperatura ambiente tendem a perder maior umidade para o ambiente, isso se dá pela troca de gases do fruto e o meio ambiente, fazendo com que os grupos revestidos possuam melhores resultados.

No tempo 10, as diferenças entre as médias de umidade também foram significativas, tendo o valor de p igual a 0,000. Pode-se notar que os frutos em temperatura de refrigeração conseguiram manter a umidade durante os 10 dias, já os frutos em temperatura ambiente, perderam muita umidade para o ambiente, sendo possível concluir que o revestimento do fruto não foi eficiente como barreira física que impede a troca de gases entre o fruto e o meio ambiente. Os resultados de umidade para os tempos 15 e 20 não apresentaram diferenças significantes estatisticamente, uma vez que todos estavam armazenados sob refrigeração. Contudo, pode ser notado que após 20 dias os frutos ainda mantiveram sua umidade média próxima dos valores iniciais, o que era esperado para os frutos sob refrigeração. Os resultados obtidos foram próximos aos apresentados por Macedo (2020), ao revestir goiaba com quitosana.

Tabela 15 – Análise de Acidez Livre

	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	0,200± 0,000 ^A	0,300± 0,000 ^A	0,510± 0,000 ^B	-	-
MRQCTA	0,200± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^{AB}	0,775± 0,078 ^A	-	-
MRQTR	0,200± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^{AB}	0,200± 0,000 ^C	0,100± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^A
MRQCTR	0,200± 0,000 ^A	0,150± 0,071 ^B	0,200± 0,000 ^C	0,100± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^A
MTA	0,200± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^{AB}	0,820± 0,000 ^A	-	-
MTR	0,200± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^{AB}	0,200± 0,000 ^C	0,100± 0,000 ^A	0,200± 0,000 ^A
P-value	-	0,027	0,000	-	-

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

A Tabela 15 apresenta os valores correspondentes aos resultados de acidez livre, valores esses iguais aos apresentados por Silva (2012) para o sapoti no tempo 0. Em comparação com frutas como acerola que tem valor de 0,80, é bem inferior, o que pode ser notado nas suas características sensoriais. Outro fruto com acidez próxima à maçaranduba é o melão, conforme visto em Silva (2017).

Nos tempos 0, 15 e 20 não foi possível calcular o teste ANOVA, pois quando os valores das réplicas são iguais, o desvio padrão das análises também se iguala a zero. No tempo 5 de análise de variância obteve valor de p igual a 0,027, sendo estatisticamente relevante. Os valores apresentados ao longo do tempo mostram que, de maneira geral, os valores de acidez das amostras sob refrigeração se mantiveram estáveis. Já os grupos mantidos em temperatura ambiente, tiveram aumento da acidez sendo que o Grupo 1, revestido com a quitosana extraída com a metodologia proposta, obteve o melhor resultado para acidez no tempo 10, enquanto que os valores obtidos para os Grupos 2 e 5 não apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

No tempo 10, os resultados foram significativamente diferentes ($p\text{-value} = 0,000$), sendo a principal diferença entre os grupos de temperatura ambiente e os frutos de temperatura de refrigeração, isso ocorre porque o fruto de temperatura ambiente se deteriora mais rápido o que torna o fruto com maior acidez. Na senescência da fruta, ocorre o aumento considerável de sua acidez. Pode-se notar que os frutos em temperatura de refrigeração se manterão com seus valores iniciais de acidez, podendo se concluir que o fruto armazenado a temperatura de refrigeração ao longo de 20 dias pode se manter com suas características organolépticas e sensoriais. O padrão nos valores também é encontrado em Guerra (2015). Em relação à acidez, Oliveira (2014) encontrou diferenças significativas entre os grupos com revestimento de quitosana e o grupo controle. A partir do 12º dia em Oliveira (2018) também foi detectado alterações na acidez.

Tabela 16 – Análise de pH

	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	6,120± 0,028 ^A	5,085± 0,007 ^B	4,560± 0,085 ^C	-	-
MRQCTA	6,090± 0,042 ^A	5,270 ± 0,014 ^B	4,365± 0,035 ^C	-	-
MRQTR	6,120± 0,028 ^A	5,975± 0,007 ^A	5,865± 0,050 ^A	5,640± 0,014 ^B	5,690± 0,014 ^B
MRQCTR	6,090± 0,042 ^A	5,985± 0,007 ^A	5,935± 0,078 ^A	5,515± 0,007 ^C	5,545± 0,007 ^C
MTA	6,240± 0,071 ^A	5,195± 0,092 ^B	4,810± 0,042 ^B	-	-
MTR	6,240± 0,071 ^A	5,865± 0,078 ^A	5,925± 0,021 ^A	5,8200± 0,014 ^A	5,805± 0,021 ^B
P-value	0,061	0,000	0,000	0,000	0,001

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Tabela 16, mostra que o pH das frutas também foram parecidos, também foram encontrados no sapoti valores ligeiramente mais ácido (SILVA, 2012). A maioria

dos resultados apresentou diferenças estatisticamente significativas, exceto no resultado do tempo 0, ou seja, os valores de p do teste ANOVA nos tempos 5, 10, 15 e 20 foram menores que 0,05. No tempo 5 o pH das frutas segundo o teste de Tukey mostrou que há diferenças importantes em comparação com o fruto armazenado em temperatura ambiente e o fruto armazenado em temperatura de refrigeração, isso se dá pela diminuição do pH tendendo a uma maior acidez no fruto. No tempo 10, também foi notada a diferença entre as frutas de temperatura ambiente e as frutas em temperatura de refrigeração, porém foi notada que o grupo controle se saiu melhor em relação aos grupos com revestimento em temperatura ambiente.

Já nos tempos 15 e 20 foram encontrados os mesmos comportamentos das frutas de temperatura ambiente, onde ocorreu o aumento do pH nas frutas revestidas em maior proporção do que o grupo controle, o que é interessante porque era esperado que as frutas com revestimento fossem a mais eficientes em relação a manter as características físicas e químicas do fruto, porém pode ser que haja algum fator que corrobore com o revestimento e o aumento do pH em frutas. Em relação a essa constância nos valores do pH de modo geral era esperado, pois o mesmo comportamento foi encontrado no sapoti durante 12 dias de armazenamento em temperatura de refrigeração (MORAIS, 2006). O fruto vem ficando mais ácido devido ao período de senescência em que ocorrem alterações no pH do Fruto (COSTA, 2011). O declínio dos valores obtidos no pH também foram encontrados em Holsbach (2019). Em Pereira (2006) foram estabelecidos parâmetros que são aceitáveis em relação à polpa de acordo com legislações específicas para as frutas, no caso da maçaranduba não há legislação específica, porém o intervalo dos valores encontrados está dentro dos parâmetros encontrados em outras frutas que são consumíveis.

Tabela 17 – Perda de Massa

	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 20
MRQTA	0,131± 0,051 ^{AB}	0,394± 0,004 ^A	-	-
MRQCTA	0,016± 0,005 ^B	0,395± 0,119 ^A	-	-
MRQTR	0,029± 0,022 ^B	0,070± 0,008 ^B	0,120± 0,021 ^B	0,137± 0,022 ^B
MRQCTR	0,038± 0,004 ^B	0,059± 0,005 ^B	0,098± 0,008 ^B	0,135± 0,002 ^B
MTA	0,212± 0,071 ^A	0,461± 0,040 ^A	-	-
MTR	0,047± 0,006 ^B	0,079± 0,021 ^B	0,258± 0,010 ^A	0,216± 0,006 ^A
P-value	0,010	0,000	0,003	0,014

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Tabela 17, todas as análises de variância realizadas demonstram resultados significantes estatisticamente ($p\text{-value} < 0,05$). Observou-se que todos os tratamentos perderam massa ao longo do tempo. Em relação à perda de massa no tempo 5, a maior perda de massa foi no grupo de temperatura ambiente sem revestimento que perdeu mais de 20% de massa inicial, o segundo que mais perdeu foi o grupo MRQTA, seguido pelos demais.

Em relação à perda de massa, no tempo 10, o teste de Tukey ao comparar os grupos mostrou que os grupos de temperatura ambiente foram os que mais perderam massa durante os experimentos, sendo superiores a 30% sendo a maior perda o grupo controle que perdeu mais de 40%. Os frutos mantidos em temperatura de refrigeração também perderam massa, sendo o grupo controle a maior perda e os grupos da quitosana e quitosana comercial apresentaram os melhores desempenhos, já que não houve diferença estatisticamente significante entre esses grupos. As análises com as frutas em temperatura ambiente também ficaram inviáveis não só além do crescimento fúngico, mas também pela perda de massa, que após esse período quase metade de sua polpa já havia sido perdida, com isso não teria amostra suficiente para todas as análises. Já os tempos 15 e 20 das frutas armazenadas em temperatura de refrigeração ocorreram as perdas de massa superior em relação aos tempos anteriores, atingindo 10% da perda de sua massa, além disso, o grupo controle chegou a mais de 20% de sua massa, algo parecido ocorreu com o fruto no grupo controle em temperatura ambiente a partir do tempo 5, ou seja, só a partir de 10 dias que a amostra começou a se deteriorar como o fruto em temperatura ambiente. Com esses resultados podemos concluir que os frutos armazenados em temperatura de refrigeração e revestidos com a quitosana possuem menor perda de massa em relação ao grupo controle. Além disso, também podemos concluir que o revestimento do fruto impacta na manutenção do peso do fruto.

Foi visto o mesmo comportamento no sapoti revestido, porém com menor perda de massa, de 30% ao final do período, apesar de serem valores aproximados, tendo em vista que usaram revestimentos diferentes. A perda de massa é comum ocorrer devido à perda de umidade, e também deve levar em conta a pressão externa do ambiente que afeta o fruto (COSTA, 2011). Segundo Chitarra (2005), o valor da perda de massa considerado o máximo aceitável para frutos a fim de não comprometer a aparência destes é 30%, o que podemos observar que no tempo 10, os frutos superaram esses

valores. Em Guerra (2015), verificou-se que a quitosana associada a óleos essenciais pode obter resultados melhores do que o fruto revestido apenas com quitosana. O mesmo também foi achado por Oliveira (2018) que encontrou em mangas, perdas de massa que inviabilizam a comercialização do fruto, trazendo prejuízos pós-colheita.

Em Oliveira (2014), a quitosana extraída de fungos obteve valores aproximados em comparação à perda de massa de frutas, com alterações principalmente nas frutas revestidas com temperatura ambiente e de refrigeração.

Tabela 18 – Análise de Cor

Cor	Tempo	MRQTA	MRQTA	MRQTA	MRQTA	MRQTA	MRQTA	P-value
L*	0	36,20±3,77 ^A	32,72±3,43 ^A	36,20±3,77 ^A	32,72±3,43 ^A	38,69±4,08 ^A	38,69±4,08 ^A	0,025
	5	30,66±2,99 ^B	31,51±3,43 ^B	39,02±1,36 ^A	36,77±1,82 ^{AB}	38,78±5,15 ^A	32,86±5,38 ^{AB}	0,001
	10	22,35±3,41 ^B	27,27±4,33 ^{AB}	34,01±4,14 ^A	36,79 ±3,55 ^A	30,33±7,71 ^{AB}	28,82±9,20 ^{AB}	0,003
	15	-	-	33,10±4,08 ^B	33,16± 1,94 ^B	-	38,98±1,25 ^A	0,002
	20	-	-	33,47±1,32 ^A	29,19±4,44 ^A	-	34,13±4,84 ^A	0,087
a*	0	24,57±1,77 ^A	23,86±1,72 ^A	24,57±1,77 ^A	23,86±1,72 ^A	23,83±1,86 ^A	23,83±1,86 ^A	0,930
	5	20,82±1,25 ^B	23,32±2,27 ^{AB}	23,83±2,50 ^{AB}	25,59 ±1,60 ^A	21,93±3,50 ^{AB}	21,72±1,28 ^{AB}	0,011
	10	12,51±2,62 ^C	14,37±3,55 ^{BC}	25,25±1,334 ^A	26,59 ±1,84 ^A	14,45±2,82 ^{BC}	19,67±7,88 ^{AB}	0,000
	15	-	-	25,34±2,43 ^A	26,84±2,23 ^A	-	24,38±0,98 ^A	0,130
	20	-	-	26,55±3,61 ^A	26,50±4,63 ^A	-	25,28±3,73 ^A	0,827
b*	0	18,90±6,58 ^A	23,19±4,86 ^A	18,90±6,58 ^A	23,19 ±4,86 ^A	27,02 ±2,78 ^A	27,02±2,78 ^A	0,020
	5	16,36± 0,79 ^C	18,45 ± 4,17 ^C	23,21±2,85 ^{AB}	19,30±2,36 ^{ABC}	23,87±1,46 ^A	18,81±2,83 ^{BC}	0,000
	10	6,35±2,37 ^C	7,78 ± 2,64 ^{BC}	28,07 ±3,40 ^A	24,14±2,08 ^A	13,07±2,84 ^{BC}	15,48±10,41 ^B	0,000
	15	-	-	18,56 ±4,99 ^B	18,06 ±4,14 ^B	-	25,127±0,913 ^A	0,009
	20	-	-	25,00±2,31 ^{AB}	20,12 ±7,64 ^A	-	28,85±3,66 ^A	0,030

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2023).

Na Tabela 18, apresentam-se os resultados para o teste de cor, utilizando-se um colorímetro para aferir este parâmetro, pelo sistema CIELAB (ou L^* , a^* , b^*), sendo L^* (0: escuro, 100: branco), a^* (valor negativo: verde, valor positivo: vermelho) e b^* (valor negativo: azul, valor positivo: amarelo). As cascas das frutas obtiveram os seguintes resultados que indicam uma cor avermelhada, o que mostra que o fruto está no seu estado de maturação completo, foi visto que inicialmente os frutos eram de cores avermelhadas, ou seja, já próximo do seu ponto máximo de maturação.

No tempo 0 em L^* , apesar do valor p igual a 0,025 no teste ANOVA, o teste de Tukey não foi capaz de observar a diferença entre os grupos. Em a^* não houve diferença estatística significativa, e em b^* , apesar do valor significativo (p -value = 0,020), aconteceu o mesmo comportamento de L^* , em relação ao teste de Tukey.

No tempo 5 foi visto que houve diferença estatística nos três parâmetros L^* , a^* e b^* , sendo em L^* o grupo com os frutos revestidos em temperatura ambiente com os piores resultados em relação ao grupo controle, e os grupos de refrigeração com revestimento obtendo os melhores já que podem ser notados que sua coloração de L^* vem aumentando, ou seja, se tornando mais luminoso. Já em a^* também ocorreu o mesmo comportamento, o que mostra a tendência para coloração vermelha. No tempo 5, de modo geral, houve diminuição dos valores de b^* em todos os grupos, exceto no grupo 3, o que significa dizer que os frutos estão avançando em seu estágio de maturação, apesar de ainda possuírem valores positivos para o amarelo.

No tempo 10, também foi obtido significância nos resultados dos frutos em L^* , a^* e b^* sendo possível notar que os frutos caíram da sua cor avermelhada para o tom escuro nas frutas em temperatura ambiente, isso se dá pelo fato do fruto já ter iniciado o processo de senescência, aumentando as cores escuras no fruto. É visto em b^* que os valores estavam próximo do negativo, ou seja, na transição do amarelo para o azul, com L^* também diminuindo em relação à sua luminosidade. Nos frutos dos grupos de refrigeração ocorreu um aumento nas cores vermelhas nos frutos com temperatura de refrigeração nos tempos 15 e 20, devido ao fato de chegarem a sua maturação máxima.

Assim como em Foo (2019), os revestimentos não alteraram as cores naturais da fruta, as cores avermelhadas são características do fruto e que ao passar do tempo essa cor vai escurecendo quando vai entrando na fase de senescência. O aumento inicial e a redução final em L^* são comuns em frutas climatério, conforme visto em Guerra (2015). Os valores em a^* e b^* tiveram comportamento parecido com o reportado por Holsbach (2019), que notou o escurecimento do fruto. Isso também foi encontrado em

Fontes (2008), que obteve valores próximos ao analisar maçãs. A redução presente em b^* é comum, pois inicialmente a fruta tem um tom amarelado que vai escurecendo no decorrer do tempo (tende ao escurecimento). Nota-se um comportamento contrário em b^* no abacaxi, que vai aumentando no decorrer do tempo (SHAMSUDIN *et al.*, 2007).

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho se propôs a analisar a viabilidade técnica do revestimento de quitosana proveniente de resíduos de camarão para revestir a maçaranduba (*Manilkara triflora*). Para tanto, foram definidos alguns objetivos específicos 1. Reutilizar os resíduos de camarão para extração da quitina; 2. Extrair quitosana da quitina proveniente do camarão; 3. Caracterizar a quitosana extraída de resíduos do camarão; 4. Otimizar o processo de desacetilação da quitosana; 5. Produzir um revestimento à base de quitosana para revestir a maçaranduba; 6. Verificar, por meio de experimentos, como o revestimento de quitosana impacta os parâmetros físicos e químicos do fruto.

Com relação ao primeiro objetivo específico, realizou-se a extração da quitina reutilizando os resíduos de camarão, sendo o rendimento da quitina de 17%, extraída compatível com os estudos na literatura. Ao atender o segundo objetivo específico, obteve-se a quitosana com rendimento de 16%, a partir da quitina utilizando-se para tal uma metodologia ajustada, principalmente na etapa de desacetilação. No terceiro objetivo foi realizada a caracterização da quitosana, visando definir as características básicas do material extraído e sua pureza, Onde foi obtido valor de 80,53% de grau de quitosana extraída. Em relação ao quarto objetivo específico, otimizou-se o processo de extração da quitosana principalmente focando na etapa de desacetilação visando obter, ao mesmo tempo, o maior rendimento e o maior grau de pureza por meio do método de NBI. Onde os resultados encontrados na otimização foi de 3.637g / 100g e o grau de pureza de 84.584%. O quinto objetivo teve como meta a produção de um revestimento da quitosana para revestir a maçaranduba, sendo esse objetivo viável, pois o revestimento obtido foi capaz de revestir os frutos. Já o último objetivo específico, foi à realização de experimentos para analisar os impactos dos revestimentos na maçaranduba a partir de análises físicas e químicas dos frutos ao longo de sua vida útil, ou seja, 20 dias.

Diante do exposto conclui-se que o uso de quitosana proveniente de resíduos de camarão para revestir a maçaranduba (*Manilkara triflora*) se apresenta como viável tecnicamente apresentando resultados similares entre o produto extraído pela metodologia proposta no presente estudo e a quitosana comercial. De modo geral, o revestimento da quitosana obteve resultados satisfatórios em relação aos frutos não revestidos.

Provou-se, por meio das análises realizadas, que as características organolépticas, físicas e químicas relacionadas com a manutenção da cor do fruto, a manutenção da massa do fruto com perdas de massa inferior a 15% da quitosana extraída do camarão e o grupo controle superior a 20%, o mesmo teor de acidez entre os tratamentos, No teor de umidade onde o revestimento da quitosana extraída obteve resultados semelhantes ao da quitosana comercial. Na atividade de água onde o revestimento de quitosana extraída do camarão obteve valores superiores ao grupo controle, sendo o valor de ($p\text{-value} = 0,013$) onde mostra que houve diferença entre os grupos significantes estatisticamente. No grau °brix também foi encontrada o valor de ($p\text{-value} = 0,026$) ao final dos 20 dias e mostrou que os grupos revestidos foram melhores do que os grupos do grupo controle. Com esses resultados os frutos revestidos se mantiveram estáveis por mais tempo, sendo essas características importantes para a conservação do fruto.

Por fim, pode-se inferir que a hipótese 1 levantada por este estudo, que é a otimização do processo de desacetilação, foi confirmada, pois ao utilizar o método NBI de otimização multiobjetivo obtiveram-se os parâmetros do processo que resultaram em máximos rendimento e grau de pureza. Já a segunda hipótese foi confirmada, pois a quitosana extraída dos resíduos de camarão utilizando-se a metodologia proposta apresentou pureza suficiente que permitiu a formação de gel e sua aplicação nos frutos para a formação de um revestimento de biopolímero. A hipótese 3 também foi confirmada, pois viu-se que o revestimento afetou positivamente a vida de prateleira dos frutos, sendo seu uso uma tecnologia sustentável validada. É importante salientar que as frutas em temperatura de refrigeração obtiveram melhores resultados em comparação com os frutos em temperatura ambiente, sejam eles revestidos ou não.

Como limitações do presente estudo pode se verificar a falta de estudos relacionados à maçaranduba, sendo esse o único estudo sobre a fruta o que, de certa forma, não permitiu uma melhor discussão dos resultados. Além disso, viu-se que o fruto em temperatura ambiente tem um período rápido de maturação, o que dificulta a análise por mais dias.

Para estudos futuros, sugere-se uma análise sensorial da fruta com o revestimento da quitosana, e também é sugerido o uso de outros revestimentos à base de biopolímeros na maçaranduba para verificar o comportamento do fruto em relação à sua vida de prateleira.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. O. M. S. *et al.* Development of new method to obtain chitosan from the exoskeleton of crabs using microwave radiation. **Polímeros**, v. 23, p. 630-635, 2013.
- ALMEIDA JR, E. B. de *et al.* Descrição morfológica de frutos e sementes de *Manilkara salzmannii* (Sapotaceae). **Floresta**, v. 40, n. 3, 2010.
- ALMEIDA JR, E.B de *et al.*, C.S. Conserving species of the *Manilkara spp.* threatened with extinction in vegetation fragments in ecotone zones. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 4, p. 113-117, 2012.
- ALVES-ARAÚJO, A; ALVES, M. Checklist of *Sapotaceae* in northeastern Brazil. **Check List**, v. 9, n. 1, p. 59-62, 2013.
- AL SAGHEER, F. A. *et al.* Extraction and characterization of chitin and chitosan from marine sources in Arabian Gulf. **Carbohydrate polymers**, v. 77, n. 2, p. 410-419, 2009.
- AMUDA, O. S. *et al.* Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified activated coconut shell carbon. **Biochemical Engineering Journal**, v. 36, n. 2, p. 174-181, 2007.
- ANDRADE, Sânia Maria Belísio de. **Eletrofiação e caracterização de membranas biopoliméricas a base de quitosana extraídas dos exoesqueletos de crustáceos**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 131 f. 2012.
- ANDRADE, J. A. de A. **A Carcinicultura familiar na aldeia indígena potiguara de tramataia, marcação - Paraíba: em busca da sustentabilidade**. Dissertação, (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 101 f. 2015.
- ANTONINO, R. S. C. M. de Q. **Produção de quitosana a partir de exoesqueleto de camarão (*Litopenaeus vannamei* Boone) para aplicações biomédicas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 65 f. 2016.
- ATHAYDE, A. J. A. A. **Avaliação da Aplicação Combinada de Quitosana e Óleo Essencial de *Cymbopogon citratus* DC. Ex Nees para Controle Pós-colheita de *Rhizopus stolonifer* em tomates**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 92 f, 2015.
- ATKINSON, A. C. Optimum and other response surface designs. Comments on “Response Surface Design Evaluation and Comparison” by Anderson-Cook, Borror and

Montgomery. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 2, n. 139, p. 662-668, 2009.

AZEVEDO, M. S. P. **Processamento e avaliação nutricional da farinha de resíduo de camarão para frangos de corte orientador**. Dissertação, (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão 70 f. 2014.

AZEVEDO, V.V. *et al.* Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista eletrônica de Materiais e processos**, v. 2, n. 3, p. 27-34, 2007.

BARROS, D. de M. *et al.* Utilização de quitosana na conservação dos alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17717–17731, 2020.

BORGES, A. R. **Modelagem em Experimentos Fatoriais Replicados para Melhoria de Processos Industriais Têxteis**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 85p, 2014.

BRASIL. Portaria, nº. 540, de 27 de outubro de 1997, Regulamento Técnico de Aditivos Alimentares – definições, classificação e emprego, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, (Brasil): Ministério da Saúde, 1997

BUAINAIN, A. M; GARCIA, J.R.; VIEIRA, P. A. O desafio alimentar no século XXI: The food challenge of the twenty-first century. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 24, n. 2, p. 497-522, 2016.

CAMATARI, F. O.dos S. *et al.* Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) ‘Tommy Atkins’ fruits. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 86-95, 2017.

CANTERI, Marcelo G. *et al.* SASM-AGRI-Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24 2001.

CAHÚ, Thiago B. *et al.* Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 4, p. 570-577, 2012.

CAMPANA F., S. P. *et al.* Extração, estruturas e propriedades de alfa-e beta-quitina. **Química Nova**, v. 30, p. 644-650, 2007.

CARDENAS, G; MIRANDA, S. P. FTIR and TGA studies of chitosan composite films. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 49, n. 4, p. 291-295, 2004.

CARVALHO, I. S. H. **Potenciais e limitações do uso sustentável da biodiversidade do Cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília, Brasília, 165 f., 2007.

CARDOSO, E. S.; ROCHA, H. M. O; FURLAN, M. C. A piscicultura no município de Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, v. 31, n. 1, p. 131–140, 2009.

CARDOSO, M. B. **Contribuição ao estudo da reação de desacetilação de quitina: estudos da desacetilação assistida por ultrassom de alta potência**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 103 f. 2008.

CASEMIRO, J.C.L.; BACCHI, L.M.A.; REIS, H.F.; Gavassoni, W.L. Quitosana associada com extratos vegetais no controle pós-colheita de antracnose em mamão ‘formosa’. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.1, p.64-69, 2019.

CAVALCANTI, A. S.R. de R. M. **Desenvolvimento do processo de extração de quitina e obtenção quitosana para aplicação em biomateriais**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, 111f. 2014.

CHANG, K. L. B. *et al.* Heterogeneous N-deacetylation of chitin in alkaline solution. **Carbohydrate research**, v. 303, n. 3, p. 327-332, 1997.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. **Lavras: UFLA**, 780f, 2005.

CHIK, C. E. N. E. *et al.* Extraction and Characterization of *Litopenaeus vannamei*’s Shell as Potential Sources of Chitosan Biopolymers. **Journal Of Renewable Materials**, 2022.

COSTA, C. C. *et al.* Impactos Socioeconômicos de Reduções nas Perdas Pós-colheita de Produtos Agrícolas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 395–408, 2015.

COSTA, L. C. *et al.* Armazenamento pós-colheita de sapoti (*Manilkara sapota* L.) utilizando fécula de milho e atmosfera modificada. **Agrop Téc**, v. 32, n. 1, p. 141-144, 2011.

COSTA, C. F. de B. **Produção de quitosana a partir de exoesqueleto de camarão (*Litopenaeus vannamei*) em diferentes tamanhos de partículas avaliando a atividade antibacteriana em bactérias gram positivas e gram negativas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pós-graduação. Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 77 f. 2017.

COOK, A. C. M.; BORROR, C. M; MONTGOMERY, D. C. Response surface design evaluation and comparison. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 139, n. 2, p. 629-641, 2009.

COUTINHO, T. C.; RODRIGUES, R.; JUNIOR, E. N. O. Avaliação da inibição do crescimento do fungo *Penicillium digitatum* com quitosana. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 814-821, 2015.

- DAMASCENO, S. F. da S. C. K; **Farinha dos resíduos do camarão *Litopenaeus vannamei*: caracterização e utilização na formulação de hambúrguer**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 150f. 2007.
- DECKER, A. T.*et al.* Impactos ambientais dos resíduos de pescado. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2016.
- DEMARTELAERE, A. C. F.*et al.* Utilização de extratos no controle da antracnose em pós-colheita de *Mangifera indica*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4872-4892, 2021.
- DENARI, G. B. **Princípios e aplicações de análise térmica**. Instituto de Química de São Carlos. Dissertação de Mestrado. São Carlos: IQSC, 40 f. 2012.
- DE PAULA, T. I. **Método da Interseção Normal à Fronteira baseado em Análise Fatorial para otimização de problemas multivariados utilizando-se Algoritmo Genético**. Tese. (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 139 f. 2019.
- FACHINELLO, J. C.; TIBOLA, C. Tendências e estratégias de mercado para a fruticultura. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 10, n. 2, 2004.
- FAI, A. E. C.; STAMFORD, T. C.M; STAMFORD, T. L. M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista iberoamericana de polímeros**, v. 9, n. 5, p. 435-451, 2008.
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. **Rome**. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- FAO. FAO: 30% de toda a comida produzida no mundo vão parar no lixo. 2017. **Rome**. Disponível em: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en> Acesso em: 27 mar. 2021.
- FERREIRA, P. dos S.*et al.* Mudanças climáticas e a Geopotencialidade à fruticultura em municípios de Pernambuco: subsídios à agricultura familiar. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 46, p. 522-544, 2016.
- FELLOWS, P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Práticas. 2ª ed. Artmed, **Porto Alegre**. 2006.
- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S; PARKIN, K. L. Química de alimentos de Fennema. **Porto Alegre**: Artmed, v. 4, p. 366-374, 2010.
- FERNANDES, T. M. **Aproveitamento dos subprodutos da indústria de beneficiamento do camarão na produção de farinha**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 83f. 2009.

FILETO, J. B. **Avaliação nutricional do resíduo de camarão e sua inclusão na ração de postura para codornas europeias**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 55 f. 2020.

FONTES, L. C. B., SARMENTO, S. B. S. S., SPOTO, M. H. F. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28 (4), 872-880. 2008.

FRANCISCO, Sérgio Luiz. **Abordagem do ensino de desvio padrão em livros didáticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 97 f. 2013.

FOO, S. Y. *et al.* Effect of chitosan–beeswax edible coatings on the shelf-life of sapodilla (*Achras zapota*) fruit. **Journal of Packaging Technology and Research**, v. 3, p. 27-34, 2019.

GARCIA, I. A. *et al.* Avaliação de métodos titulométricos para determinação do grau de desacetilação em quitosana. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4066-4084, 2020.

GHELICH, R. *et al.* Central composite design (CCD)-Response surface methodology (RSM) of effective electrospinning parameters on PVP-B-Hf hybrid nanofibrous composites for synthesis of HfB₂-based composite nanofibers. **Composites Part B: Engineering**, v. 166, p. 527-541, 2019.

GOMES, F. P. A comparação entre médias de tratamentos na análise da variância. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 11, p. 1-12, 1954.

GOMES, J.de S. *et al.* Recobrimento comestível em jacas minimamente processadas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, 2020.

GUERRA, I. C. D. **Eficácia de revestimentos a base de quitosana e óleos essenciais de menthaspp. No controle de fungos patógenos pós-colheita em frutos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 105f. 2015.

GUILLARD, V.*et al.* Food preservative content reduction by controlling sorbic acid release from a superficial coating. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 1, p. 108-115, 2009.

HASHIMOTO, K., **Técnicas de otimização combinatória multiobjetivo aplicadas na estimação do desempenho elétrico de redes de distribuição (Multiobjective combinatorial optimization techniques applied on electrical performance estimation of distribution networks)**. Tese de Doutorado. Programa, Universidade de São Paulo Sao Paulo. 2004.

HE, X. *et al.* The production of fully deacetylated chitosan by compression method. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 42, n. 1, p. 75-81, 2016.

HENNING, E. L. **Utilização de quitosana obtida de resíduos de camarão para avaliar a capacidade de adsorção de íons Fe³⁺**. Dissertação (Programa de Pós-

Graduação em Química Tecnológica e Ambiental) - Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 73 f. 2009.

HIRAI, E. H; DE CARVALHO, J. O. P; PINHEIRO, K. A. O. Estrutura da população de maçaranduba (*Manilkara Huberi Standley*) em 84 ha de floresta natural na fazenda rio capim, paragominas, PA. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 49, n. 1, p. 65-76, 2008.

HOSSAIN, M, A. Production and characterization of chitosan from shrimp waste. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, 12(1), 153–160. (2014).

HOLSBACH, F. M. S. *et al.* Avaliação da vida útil de mamão formosa (*Carica papaya* L.) minimamente processado utilizando coberturas de amido de mandioca e óleo essencial de cravo. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 6, n.4, p. 78-96, 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Produção Agrícola do Brasil, 2021. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em 08.11.2022.

JÓZEF S. & NADIA A. Al. Production, Properties, and Some New Applications of Chitin and Its Derivatives, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 43:2, 145-171, 2003.

JUNIOR, A. P. B; GONÇALVES, A. A. Análises econômica e produtiva da quitosana extraída do exoesqueleto de camarão. **Acta Of Fisheries and Aquatic Resources**, v.1, n. 1, p. 13-28, 2013.

JÚNIOR, E. B. *et al.* Efeito de biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado. **Varia Scientia Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 131-142, 2010.

JORGE, P. C. S. *et al.* Maçã “Royal Gala” revestida com quitosana estocada à temperatura ambiente. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 253-264, 2011.

KANDRA, P; CHALLA, M. M; KALANGI P. J. Efficient use of shrimp waste: present and future trends. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 93, n. 1, p. 17-29, 2012.

KHAN, T. A; PEH, K. K; CH’NG, H. S. Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence of analytical methods. **J Pharm Pharmaceut Sci**, v. 5, n. 3, p. 205-212, 2002.

KOCK, F. V. C *et al.* Obtenção e caracterização do biopolímero b-(1-4)-D-glucosamina. **Tópicos temáticos do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros**. Foz do Iguaçu – PR. 2009.

KUMAR, S; KOH, J. Physiochemical, optical and biological activity of chitosan-chromone derivative for biomedical applications. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 5, p. 6102-6116, 2012.

KUMAR, M. N. V.R. A review of chitin and chitosan applications. **Reactive and functional polymers**, v. 46, n. 1, p. 1-27, 2000.

LAOKULDILOK, Thunnop *et al.* Physicochemical, antioxidant, and antimicrobial properties of chitooligosaccharides produced using three different enzyme treatments. **Food bioscience**, v. 18, p. 28-33, 2017.

LISBOA, H. M. **Produção De Quitosano e Desenvolvimento De Novos Materiais a Partir De Resíduos Alimentares** Tese de Doutorado. (Ciência e Engenharia de Materiais)-Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 2012.

LIMA, J. R. F; PEDROSO, M. T. M. Impactos da crise do coronavírus nas cadeias produtivas de frutas e hortaliças brasileiras. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 18, n. 2, p. 1-10, 2020.

LOUREIRO, L. M; GAMEIRO, M. G. H. Interpretação crítica dos resultados estatísticos: para lá da significância estatística. **Revista de Enfermagem Referência**, v. 3, n. 3, p. 151-162, 2011.

LUVIELMO, M. de M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.

MARTINS, B. A. *et al.* Bio-based Films and Coatings: Sustainable Polysaccharide Packaging Alternatives for the Food Industry. **Journal of Polymers and the Environment**, p. 1-17, 2022.

MANILKARA TRIFLORA in Ficha de Espécies do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR). Disponível em:
<https://ferramentas.sibbr.gov.br/ficha/bin/view/especie/manilkara_triflora>. Acesso em 10-12-2022 .

MELO, M. R. P. de. **Bioconversão do exoesqueleto do camarão para elaboração de filme biodegradável a base de quitosana**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 87 f. 2014.

MELO, N.F. C. B. **Bioatividade de coberturas comestíveis a base de quitosana em gel nanopartículas na conservação de morangos (Fragaria x ananassa)** (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 231 f. (2020).

MENESES, R. L. de. **Desenvolvimento de fibras de quitosana para aplicação como fios de sutura**. (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 145 f. 2014.

MINAGAWA, T., OKAMURA, Y.; SHIGEMASA, Y.; MINAMI, S.; OKAMOTO, Y. Effects of molecular weight and deacetylation degree of chitin/chitosan on wound healing. **Carbohydrate Polymers**, v 67, p. 640–644, (2007)

MOHAN, K. *et al.* A study on structural comparisons of α -chitin extracted from marine crustacean shell waste. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 2, p. 100037, 2021.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons, 2017.

MORAIS, P. L. D. de *et al.* Alterações físicas, fisiológicas e químicas durante o armazenamento de duas cultivares de sapoti. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, p. 549-554, 2006.

MOURA, C. M. de *et al.* Quitina e Quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: avaliação do processo em escala piloto. **Vetor**, n. 16, v. 1/2, p. 37-45, 2006.

MOURA, C. M. MOURA, J. M. PINTO, L. A. A. Secagem de pasta de quitosana em camada delgada: Avaliação do efeito da secagem sobre o grau de Desacetilação e a massa molecular viscosimétrica. **UEPG Cien. Exatas Terra**, v.15, n. 2, p. 89-96, 2014.

NASCIMENTO, G. C. C. *et al.*, al Aspectos socioeconômicos da pesca artesanal do camarão marinho na enseada de Lucena- **Paraíba, Brasil. Sociedade e Território**, v. 31, n. 2, p. 120-138, 7 jan. 2020.

NASCIMENTO, G. C. C. *et al.* Artisanal fishing characterization and spatio-temporal occurrence of marine shrimp (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) in the litoral of Lucena, Paraíba, Brazil. **Ciência e Natura**, v. 40, p. e47, 2018.

NETO, CG da T. *et al.* Thermal analysis of chitosan based networks. **Carbohydrate Polymers**, v. 62, n. 2, p. 97-103, 2005.

NOGUEIRA, E. S. Avaliação de biofilme de quitosana na conservação pós-colheita de frutos de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia do Pescado: Uma Análise Pluralista**, v.2, p 26-39 2020.

NOVAES, C. G. *et al.* Otimização de métodos analíticos usando metodologia de superfícies de resposta-Parte I: variáveis de processo. **Revista Virtual Química**, v. 9, n. 3, p. 1284-1215, 2017.

NUNES, A. C. D. *et al.* Armazenamento de mamão ‘formosa’ revestido à base de fécula de mandioca TT - Stored papaya ‘formosa’ coated with cassava starch base. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p.254–263, 2017.

NUNES, A. J. P. O cultivo de camarões marinhos no nordeste do Brasil. **Panorama da Aquicultura**, v. 11, n. 65, p. 26-33, 2001.

OGAWA, Masayoshi *et al.* Resíduos do beneficiamento do camarão cultivado: obtenção de pigmentos carotenóides. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 333-337, 2007.

OLIVEIRA, C. E. V. de *et al.* Effects of post-harvest treatment using chitosan from *Mucorcircinelloides* on fungal pathogenicity and quality of table grapes during storage. **Food microbiology**, v. 44, p. 211-219, 2014.

OLIVEIRA, C. E. V. *et al.* Effects of chitosan from *Cunninghamella elegans* on virulence of post-harvest pathogenic fungi in table grapes (*Vitis labrusca* L.). **International Journal of Food Microbiology**, v. 171, p. 54–61, 3 fev. 2014.

OLIVEIRA A. R. *et al.* Identification and analysis of impact factors on the economic feasibility of wind energy investments. **International Journal of Energy Research**, v. 45, n. 3, p. 3671–3697, 2021.

OLIVEIRA, E. *et al.* Revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

OLIVEIRA, K. A. R. de. **Aplicação de revestimento de Quitosana incorporado de Óleo essencial de Mentha Piperita L. para o controle da Antracnose e alterações pós-Colheita em mangas cultivar Tommy Atkins**. Tese (Doutorado) - UFPB/CCS 135f, João Pessoa, 2018.

OLIVEIRA, V.S; AFONSO, M. R; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 342-348, 2011.

ONU, Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **AmbientalMENTE sustentable**, v.25, n.1, p.171–190, 2020.

PERCOT, A; VITON, C; DOMARD, A. Optimization of chitin extraction from shrimp shells. **Biomacromolecules**, v. 4, n. 1, p. 12-18, 2003.

PEREIRA, J. M. *et al.* Avaliação da qualidade físico-química, microbiológica e microscópica de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Viçosa-MG. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 437-442, 2006.

PINTO, A. da S. **Otimização de processos de obtenção de quitina e quitosana do exoesqueleto do camarão amazônico (*Macrobrachium amazonicum*, HELLER, 1863)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 62 f. 2014.

PRIYADARSHI, R; RHIM, Jong-Whan. Chitosan-based biodegradable functional films for food packaging applications. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 62, p. 102346, 2020.

RINAUDO, M. Chitin and chitosan: properties and applications, **Progress in Polymer Science**, v. 31, n. 7, p. 603–632, 2006.

RIBEIRO, J. C. V. *et al.* Versatility of Chitosan-Based Biomaterials and Their Use as

Scaffolds for Tissue Regeneration. **Scientific World Journal**, v.2017, 2017.

ROCHA, L. C. S. **Método da Ponderação Entrópica para Otimização Multiobjetivo Robusta de Modelos de Superfície de Resposta**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 225 f. 2017.

ROCHA, L. K.S. **Produção de quitosana a partir da fermentação da casca de camarão**. 2016. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, **Universidade Federal de Campina Grande**, Sumé – Paraíba – Brasil, 63f. 2016.

RODRIGUES, R. P. **Utilização da Metodologia de Superfície de Resposta para otimização de Modelos de Simulação a Eventos Discretos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 138 f. 2015.

SALES A, A; LÚCIA, M. S. T. **Produção e caracterização do biofilme de quitosana como envoltório protetor em morangos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, 89 f. Recife, 2009.

SANTOS, J. E. dos *et al.* Caracterização de quitosanas comerciais de diferentes origens. **Polímeros**, v. 13, p. 242-249, 2003.

SANTOS, Vanessa Pimentel *et al.* Recovery of chitin and chitosan from shrimp waste with microwave technique and versatile application. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, 2019.

SANTOS, M. C; CIRILO, A. T. O; NUNES, M. L. Determinação do grau de desacetilação de quitosana obtida de camarão “Saburica” (*Macrobrachium jelskii*, Miers, 1877). **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, 2011.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Fruticultura: colheita, pós colheita e comercialização/ **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR)**. 76 p. 2. ed. Brasília: SENAR, 2017.

SHIEKH, R. A. *et al.* Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. **Food Science and Technology Research**, v. 19, n. 2, p. 139-155, 2013.

SCHEFFE, H. **The analysis of variance**. John Wiley & Sons, 1999.

SHAMSUDIN, R *et al.* Physicochemical properties of the Josapine variety of pineapple fruit. **International Journal of Food Engineering**, v. 3, n. 5, 2007.

SILVA, A. I. M. **Filmes e revestimentos comestíveis de quitosana e óleos essenciais na qualidade de camarão *Litopenaeus vannamei* congelado**. [s.l.] Doutorado em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2018.

SILVA, B. K; KWONG, W. H; OLIVEIRA C. A. Otimização de processos químicos industriais: Avaliação da eficácia do software livre Scilab na resolução de problemas de programação não-linear com restrições. **Research, Society and Development**, v. 10, n.

9, p. 3, 2021.

SILVA, C. E. de F.; ABUD, A. K. de S. Tropical fruit pulps: processing, product standardization and main control parameters for quality assurance. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 60, 2017.

SILVA M., Gabriel *et al.* Caracterização físico-química e perfil de açúcares da polpa de sapoti (*Manilkara sapota* L.). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p., 2020.

SILVA, J; MEDEIROS, E. D; LEITE, M. S. A. Análise dos custos de produção em uma empresa do setor de carcinicultura. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2021.

SILVA, P. A. P. **Projeto de parâmetros robustos para um sistema de refrigeração utilizando arranjo combinado de superfície de resposta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 74 f. 2016

SCORVO-FILHO, J. D. *et al.* A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 112-118, 2010.

SOUSA, Elisabete Piancó *et al.* Caracterização físico-química da polpa de sapoti oriunda do estado do Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 14, 2012.

SOUSA, F. S. C. **Bioprospecção de fungos endofíticos, associados à *Manilkara salzmannii*, planta de restinga, com atividade antimicrobiana**. Dissertação de Mestrado - Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia. 2017

SOUZA, M. P. *et al.* Development and characterization of an active chitosan-based film containing quercetin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 11, p. 2183-2191, 2015.

TAHIM, E. F.; JUNIOR, I. F. de A. A carcinicultura do nordeste brasileiro e sua inserção em cadeias globais de produção: foco nos APLs do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, p. 567-586, 2014.

TAKEDA, P. S. *et al.* Morfologia do fruto, semente, plântula e planta jovem de duas espécies de *Manilkara* Adans. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 1, p. 48-53, 2017.

TELTEBOIM, M. C. *et al.* Limites máximos de resíduos e suas implicações no comércio internacional de frutas. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 102-112, 2007.

TOLAIMATE, A. *et al.* On the influence of deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan from squids chitin. **Polymer**, v. 41, n. 7, p. 2463-2469, 2000.

- TOKATLI, K; DEMIRDÖVEN, A. Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. 108656, 2020.
- TRIGO, Juliana Moreno *et al.* Effect of edible coating on the preservation off fresh cut papayas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 125-133, 2012.
- TIKHONOV, V. E. *et al.* Bactericidal and antifungal activities of a low molecular weight chitosan and its N-/2 (3)-(dodec-2-enyl) succinoyl/-derivatives. **Carbohydrate polymers**, v. 64, n. 1, p. 66-72, 2006.
- VALENTINI, S. R; SOMMER, W; MATIOLI, Graciette. Validação de métodos analíticos. **Arquivos do MUDI**, v. 11, n. 2, p. 26-31, 2007.
- VAN DEN BROEK, L. A. M. *et al.* Chitosan films and blends for packaging material. **Carbohydrate polymers**, v. 116, p. 237-242, 2015.
- VIEIRA, Jorge M. *et al.* Effect of chitosan–Aloe vera coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 116, p. 88-97, 2016.
- VIDAL, M.de F. Produção comercial de frutas na área de atuação do BNB. Ano 6, Nº 168, **Caderno Setorial ETENE** 2021.
- YAN, Jiawei *et al.* The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, p. 29-38, 2019.
- YOUNES, I. *et al.* Use of a fractional factorial design to study the effects of experimental factors on the chitin deacetylation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 70, p. 385-390, 2014.
- WESKA, R. F. *et al.* Optimization of deacetylation in the production of chitosan from shrimp wastes: Use of response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 749-753, 2007.
- WU, Si *et al.* Electrochemical writing on edible polysaccharide films for intelligent food packaging. **Carbohydrate Polymers**, v. 186, p. 236-242, 2018.
- XAVIER, T. D. N. al. Characterization of biopolymeric films based on cassava starch, chitosan and carnauba wax. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, 2020.
- ZHANG, H; NEAU, S. H. In vitro degradation of chitosan by a commercial enzyme preparation: effect of molecular weight and degree of deacetylation. **Biomaterials**, v. 22, n. 12, p. 1653-1658, 2001.
- ZILLO, R. R. **Óleo essencial associado à película de carboximetilcelulose no controle da antracnose e seu efeito na vida útil de mamão (*Carica papaya* L.)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 95 f. 2017.

ANEXO – I

Espectroscopia de Infravermelho Com Transformada de Fourier

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Spectrometer Bomen B-100 FT-IR
- Balança de Precisão
- Prensa Manual De Pellet KBr

1.1.2 Acessórios e outros

- Pastilha de KBr
- Gral e Pistilo

2. METODOLOGIA

- I. Inicie pesando 1mg de amostra em balança de precisão;
- II. Pese o Brometo de pótassio, sendo 100mg para cada 1mg de amostra;
- III. Macere a amostra junto do Brometo de pótassio;
- IV. Meça 100mg de Brometo de pótassio para realizar o parâmetro branco;
- V. Leve a amostra para Prensa Manual para Preparação da Pastilha de KBr;
- VI. A parte polida do pellet metálico deve estar em contato com a amostra;
- VII. Verifique se as válvulas estão abertas;
- VIII. Feche a válvula lateral da Prensa;
- IX. Acione a prensa;
- X. Feche a válvula superior;
- XI. Abra a válvula lateral;
- XII. Espere alguns segundos antes de abrir a válvula superior;
- XIII. Retire a pastilha com cuidado;
- XIV. Repita o mesmo procedimento para fazer a pastilha branca parâmetro
- XV. Leve a pastilha para o FTIR;
- XVI. Inicie o Software do FTIR para inicializar a análise;
- XVII. Inicie realizando o parâmetro branco;
- XVIII. Após a calibração com a pastilha branca, realize a sua amostra.

ANEXO – II

Análise de Termogravimétrica (TG)

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamentos

- Termobalança
- TG/DTA: Shimadzu, Modelo: TGA-50

1.1.2 Acessórios e outros

- Cadinho

2. METODOLOGIA

- I. Inicie pesando a amostra no cadinho;
- II. Coloque a amostra no suporte;
- III. Inicialize o Software no computador;
- IV. Insira os dados de parâmetro a serem utilizados na amostra;
- V. Finalize o experimento;
- VI. Ao final será gerado o gráfico;

HENRIQUES, Isabelly Paula de Sousa Azevedo. **Caracterização térmica de soro de leite caprino e bovino através de calorimetria diferencial de varredura (DSC) e análises termogravimétricas (TGA)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 107f. 2018.

ANEXO – III

Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Balança de Precisão
- Shimadzu, modelo DSC-50WS

1.1.2 Acessórios e outros

- Cadinho
- Sistema de gás de purga
- Forno de aço: 150 a 1000 °C

2. METODOLOGIA

- I. Pese a amostra;
- II. Coloque em cadinho de platina;
- III. Leve para o equipamento;
- IV. Feche o Cadinho;
- V. Realize a programação para as condições experimentais;
- VI. Inicie o experimento acionando o gás;
- VII. Finalize após o tempo programado.

HENRIQUES, Isabelly Paula de Sousa Azevedo. **Caracterização térmica de soro de leite caprino e bovino através de calorimetria diferencial de varredura (DSC) e análises termogravimétricas (TGA)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 107f. 2018.

ANEXO – IV

Atividade de Água - Aw

1. MATERIAIS E MÉTODO

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- LabSwift - aw

1.1.2 Acessórios e outros

- Cápsulas de plástico

2. METODOLOGIA

- I. Após conectar o aparelho na tomada, pressione a tecla ‘MENU’;
- II. O aparelho irá iniciar um teste automático e na tela irá aparecer WARM UP, aguarde até que seja finalizado e o valor de aw e temperatura apareçam: Instrument is ready now;
- III. Coloque a amostra na cápsula de plástico (até a metade da cápsula);
- IV. Abra o aparelho no botão preto com cuidado e encaixe a cápsula no compartimento;
- V. Feche o aparelho delicadamente;
- VI. Pressione ‘START/STOP’;
- VII. Aguarde o aparelho fazer um som de ‘beep’;
- VIII. Anote o resultado;
- IX. Retire a cápsula com a amostra, higienize e guarde;
- X. Para desligar pressione a tecla ‘MENU’ por alguns segundos.

ANEXO – V

Determinação de Acidez Livre

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Balança Analítica

1.1.2 Vidrarias

- Proveta de 100 ml
- Bureta graduada de 25 ou 50 ml
- Espátula
- Funil de vidro
- Becker de 100 ml

1.1.3 Acessórios e outros

- Garra metálica para bureta
- Suporte de ferro universal

1.1.4 Soluções e reagentes

- Solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N
- Fenolftaleína 1%

2. METODOLOGIA

- I. Acoplar a garra metálica para a bureta ao suporte de ferro universal;
- II. Com auxílio de um funil de vidro e um becker transferir uma pequena quantidade do Hidróxido de Sódio 0,1N para o interior da bureta (25 ml ou 50 ml) e rinsar. Repetir o processo por 3x, lembrando-se de descartar o restante da última rinsagem, pela abertura da torneira;
- III. Conectar a bureta ao suporte de ferro universal através da garra metálica para bureta;
- IV. Com auxílio de um funil de vidro e um becker, preencher toda a bureta até 2 cm acima da capacidade máxima da bureta;
- V. Abrir cuidadosamente a torneira da bureta, de modo que a expulsar o ar e deixar que o menisco fique acima do traço de aferição correspondente a capacidade máxima (25 ou 50 ml);
- VI. Pesar no Becker aproximadamente um 1g da amostra; - Adicionar 50 ml de água destilada;

- VII. Anote o peso da amostra;
- VIII. Adicionar duas a quatro gotas de indicador de fenolftaleína 1% e agitar bem;
- IX. Posicionar o Becker e iniciar a titulação com a solução de NaOH, 0,1N, não interrompendo a agitação até coloração rósea (ponto de viragem);
- X. Anotar o volume gasto e aplicar na fórmula a seguir para determinação do valor da acidez

3. CÁLCULO

$$\frac{V_{\text{NaOH}} \times F}{P} = \text{Acidez Livre}$$

VNaOH = Volume gasto de NaOH na titulação

P = peso da amostra coletada

F = 1,04

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008

ANEXO – VI

DETERMINAÇÃO DE COR $L^* a^* b^*$

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Colorímetro

1.1.2 Acessórios e outros

- Cápsulas de plástico (dependendo da amostra)

2. METODOLOGIA

- I. Conecte o aparelho na tomada ou encaixe as pilhas no compartimento e na posição correta;
- II. Ligue o colorímetro no botão Power;
- III. Retire a tampa do medidor;
- IV. Calibre o equipamento segundo instruções abaixo;
- V. Quando a luz verde ao lado da escrita 'Ready' estiver acesa, coloque o medidor em contato com a amostra e pressione o botão 'MEAS';
- VI. A luz ao lado da escrita 'Ready' ficará verde e o resultado aparecerá na tela;
- VII. Pressione o botão 'Color' para ver todos os resultados obtidos;

2.1 CALIBRANDO O COLORÍMETRO

- I. Pressione o botão 'CAL';
- II. Posicione o medidor no centro na placa de calibração do colorímetro;
- III. Quando a luz do 'Ready' estiver acesa pressione o botão 'MEAS';

A calibração está finalizada quando a luz piscar três vezes e a tela irá retornar para a tela de medidas.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

ANEXO - VII

Determinação de Resíduo Mineral Fixo (RMF)

O conteúdo de cinzas seca ou RMF de um alimento é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Estufa de secagem estabilizada a 105°C
- Balança analítica
- Forno Mufla
- Manta aquecedora ou Bico de Bunsen

1.1.2 Vidrarias

- Cadinho de porcelana
- Espátula metálica
- Pinça metálica

1.1.3 Acessórios e outros

- Dessecador com silica gel
- Luvas antitérmicas

2. METODOLOGIA

- I. Higienize bem os cadinhos para que toda a sujeira presente seja removida, codifique-os e os coloque na estufa estabilizada a 105°C por 24h para que toda a umidade seja removida;
- II. Retire com pinça metálica e coloque no dessecador com silica gel por 30 minutos até que os cadinhos cheguem a temperatura ambiente;
- III. Pese-os em balança analítica e anote o seu peso (Em caso de diversas amostras, prefira pesá-las numa mesma balança em todas as etapas para minimizar possibilidades de erro ou alterações);
- IV. Tare a balança e pese 5g da amostra a ser analisada com a ajuda de pinça metálica para amostras sólidas e pipeta para líquidas e anote o peso (É importante que as amostras estejam muito bem trituradas para que a sua carbonização seja mais fácil);
- V. Lembre-se de fazer uma pesagem rápida e precisa para que haja o mínimo de absorção de umidade possível no meio;
- VI. Coloque o cadinho em manta aquecedora ou Bico de Bunsen para carbonizar. O fim da carbonização dá-se quando não mais saírem filetes de fumaça, indicando que toda matéria foi carbonizada;

- VII. Leve os cadinhos ao forno mufla, ligue e aumente a temperatura de 50 em 50 graus (para evitar que haja derramamento das amostras) até atingir 550°C;
- VIII. Quando atingir 550°C deixa as amostras incinerando de 4-6h, a depender de cada produto;
- IX. Em determinados casos, depois de transcorrido o tempo de incineração, as cinzas podem apresentar-se de cor cinza escuro. Neste caso deve-se resfriar as cinzas e adicionar 2 a 3 gotas de água destilada e retomar ao aquecimento por mais 1h. Este procedimento visa provocar a dispersão do resíduo orgânico.
- X. Quando manipular o cadinho com amostras lembre-se de sempre o segurar por fora para não comprometer o resultado;
- XI. Retirar o cadinho da mufla e transferi-lo com uma pinça e luvas para a estufa (105°C); por 1h para reduzir a temperatura;
- XII. Retire os cadinhos da estufa e coloque-os no dessecador com silica gel por 30 minutos até atingirem a temperatura ambiente;
- XIII. Pese-os e anote o valor.

3. CÁLCULO

$$\frac{A \times 100}{P} = \text{Cinzas (\%)}$$

A = Peso das cinzas (g)

P = Peso da amostra (g)

ANEXO - VIII

Extrato Seco Total- EST

1. MATERIAIS E MÉTODO

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Estufa de secagem estabilizada a 105°C
- Balança analítica

1.1.2 Vidrarias

- Cápsula
- Espátula metálica
- Pinça metálica

1.1.3 Acessórios e outros

- Dessecador com sílica gel
- Luvas antitérmicas

2. METODOLOGIA

- I. Coloque em estufa estabilizada a 105°C a cápsula e deixe por 24 h;
- II. Após isso, com auxílio de uma pinça metálica retire da estufa a cápsula e coloque-a dentro do dessecador com sílica gel e deixe por 30 min, até atingir a temperatura ambiente;
- III. A balança deverá ser ligada previamente para ser estabilizada, higienizada e zerada;
- IV. Passados os 30 min, com auxílio de uma pinça metálica, retirar a cápsula do dessecador com sílica gel e colocá-la pela porta lateral da balança, anotando em seguida o peso; (lembrar-se de seguir corretamente as técnicas adequadas de pesagem);
- V. Anotando o peso, zere a balança deixando a cápsula ai dentro;
- VI. Em seguida, com auxílio de uma espátula metálica, pese 5,0g da amostra previamente bem triturada e homogeneizada, dentro da cápsula;
- VII. Atingido o peso pré-estabelecido, abra a porta lateral da balança e com auxílio de uma pinça metálica e leve a cápsula novamente para a estufa com sílica gel por 24h;
- VIII. Após isso, com auxílio de uma pinça metálica retire da estufa a cápsula e coloque-a dentro do dessecador com sílica gel e deixe por 30 min, até atingir a temperatura ambiente;
- IX. Pese as cápsulas e anote o valor.

3. CÁLCULO

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{Umidade ou substâncias voláteis a } 105^{\circ}\text{C por cento m/m}$$

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra

Referência

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

ANEXO - IX

Grau Brix (°Bx)

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Refratômetro

1.1.2 Acessórios e outros

- Água destilada
- Papel toalha ou algodão

2. PROCEDIMENTO

- I. Limpe o prisma do refratômetro com água destilada e algodão de maneira delicada;
- II. Abra a tampa traseira do refratômetro com o movimento de rotação no sentido horário e instale as quatro pilhas AAA de acordo com a direção indicada;
- III. Coloque a amostra a ser analisada no prisma na quantidade suficiente para cobrir a superfície do prisma;
- IV. Pressione o botar 'READ';
- V. Anote o valor que aparecer na tela do aparelho;
- VI. Limpe o prisma e retire toda a amostra;
- VII. Retire as pilhas e guarde o aparelho.

- Brix: % Sólidos

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

ANEXO – X

Determinação de pH

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.2 Equipamento

- pHmetro
- Balança Analítica

1.1.3 Vidrarias

- Proveta de 10 ml
- Espátula
- Funil de vidro
- Becker de 50 ml

2. METODOLOGIA

- I. Pesar 1g de amostra no Becker na Balança analítica;
- II. Anote o peso da amostra;
- III. Utilizar a proveta para adicionar 10 ml de água destilada no becker;
- IV. Imergir o eletrodo do pHmetro na amostra;
- V. Anotar o resultado do pH após a conclusão da análise.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

ANEXO - XI

Perda de Massa

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 MATERIAIS

1.1.1 Equipamento

- Balança analítica

1.1.2 Vidrarias

- Cápsula

2. METODOLOGIA

- I. Pesar o fruto antes das análises de revestimento;
- II. Após a passagem do tempo para a análise é feito a pesagem;
- III. Anotar o peso.

3. CÁLCULO

$$\frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Final}} \times 100 = \text{Perda de Massa \%}$$

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

ANEXO – XII

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

Atividade de Água (A_w)

	Tempo 0	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10
G1	0,961	0,962	0,947	0,948	0,910
G2	0,961	0,956	0,945	0,946	0,917
G3	0,961	0,962	0,958	0,959	0,961
G4	0,961	0,956	0,961	0,954	0,969
G5	0,962	0,947	0,948	0,951	0,934
G6	0,962	0,947	0,956	0,957	0,963

	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	0,911	-	-	-	-
G2	0,919	-	-	-	-
G3	0,962	0,956	0,957	0,961	0,961
G4	0,962	0,954	0,955	0,959	0,961
G5	0,936	-	-	-	-
G6	0,960	0,951	0,952	0,957	0,958

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XIII

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

Acidez

	Tempo 0	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10
G1	0,20	0,20	0,30	0,30	0,51
G2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,72
G3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
G4	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20
G5	0,20	0,20	0,20	0,20	0,82
G6	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	0,51	-	-	-	-
G2	0,83	-	-	-	-
G3	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20
G4	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20
G5	0,82	-	-	-	-
G6	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XIV

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

Cinzas

	Tempo 0	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10
G1	0,49%	0,56%	0,93%	0,84%	1,60%
G2	0,74%	0,60%	0,80%	0,86%	1,36%
G3	0,49%	0,56%	0,59%	0,53%	0,56%
G4	0,74%	0,60%	0,58%	0,48%	0,85%
G5	0,55%	0,55%	0,90%	0,77%	1,41%
G6	0,55%	0,55%	0,68%	0,75%	0,59%

	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	1,54%	-	-	-	-
G2	0,81%	-	-	-	-
G3	3,75%	0,65%	0,55%	0,43%	0,53%
G4	0,81%	0,50%	0,54%	0,59%	0,54%
G5	1,03%	-	-	-	-
G6	0,98%	0,60%	0,61%	0,66%	0,63%

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XV

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

Grau °Brix

	Tempo 0	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10
G1	22,4°	22,4°	26,4°	26,6°	40,0°
G2	23,9°	23,9°	27,7°	28,2°	38,9°
G3	22,4°	22,4°	21,5°	21,3°	22,1°
G4	23,9°	23,9°	21,2°	21,2°	24,8°
G5	20,8°	20,8°	26,0°	25,9°	38,0°
G6	20,8°	20,8°	23,7°	23,1°	28,8°

	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	42,1°	-	-	-	-
G2	37,4°	-	-	-	-
G3	21,3°	25,3°	25,0°	24,1°	24,2°
G4	27,1°	22,6°	22,7°	24,0°	24,1°
G5	39,6°	-	-	-	-
G6	24,2°	23,6°	23,4°	26,8°	26,2°

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XVI

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

pH

	Tempo 0	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10
G1	6,14	6,10	5,08	5,09	4,50
G2	6,12	6,06	5,28	5,26	4,34
G3	6,14	6,10	5,97	5,98	5,90
G4	6,12	6,06	5,99	5,98	5,99
G5	6,19	6,29	5,26	5,13	4,78
G6	6,19	6,29	5,81	5,92	5,91

	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	4,62	-	-	-	-
G2	4,39	-	-	-	-
G3	5,83	5,63	5,65	5,70	5,68
G4	5,88	5,51	5,52	5,55	5,54
G5	4,84	-	-	-	-
G6	5,94	5,81	5,83	5,79	5,82

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XVII

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

Teor de Umidade

	Tempo 0	Tempo 0	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10
G1	72,22%	72,43%	62,93%	62,53%	43,81%
G2	69,60%	66,59%	65,15%	60,59%	50,61%
G3	72,22%	72,43%	69,47%	71,60%	71,03%
G4	69,60%	66,59%	71,76%	71,31%	70,50%
G5	72,24%	71,51%	65,54%	62,93%	47,60%
G6	72,24%	71,51%	68,68%	68,08%	70,98%

	Tempo 10	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	40,79%	-	-	-	-
G2	50,43%	-	-	-	-
G3	70,65%	69,53%	69,16%	69,86%	68,48%
G4	66,27%	69,41%	69,77%	66,90%	66,47%
G5	42,38%	-	-	-	-
G6	70,68%	67,31%	69,01%	67,93%	68,72%

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XVIII

Dados obtidos a partir das análises realizadas em duplicata para cada tempo.

Perda de Massa

	Tempo 5	Tempo 5	Tempo 10	Tempo 10
G1	9,52%	16,70%	39,07%	39,64%
G2	1,26%	1,98%	47,93%	31,14%
G3	1,37%	4,48%	7,63%	6,43%
G4	3,50%	4,01%	5,59%	6,25%
G5	16,18%	26,18%	48,90%	43,26%
G6	5,07%	4,29%	6,48%	9,39%

	Tempo 15	Tempo 15	Tempo 20	Tempo 20
G1	-	-	-	-
G2	-	-	-	-
G3	10,52%	13,51%	12,16%	15,27%
G4	9,32%	10,42%	13,37%	13,63%
G5	-	-	-	-
G6	25,07%	26,44%	21,15%	22,00%

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2

Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6

ANEXO – XIX

Dados obtidos a partir das análises realizadas em triplicata para cada tempo 0.

COR		Análises - Tempo 0	Análises - Tempo 0	Análises - Tempo 0
G 1.1	L*	33,90	31,35	35,10
	a*	24,57	21,66	23,56
	b*	13,60	11,85	14,13
G 1.2	L*	36,66	42,37	37,82
	a*	26,22	26,35	25,05
	b*	21,63	27,73	24,45
G 2.1	L*	28,10	33,22	32,58
	a*	21,90	24,11	21,60
	b*	20,16	18,68	17,82
G 2.2	L*	38,38	30,60	33,46
	a*	25,39	25,57	24,60
	b*	28,65	25,98	27,87
G 3.1	L*	33,90	31,35	35,10
	a*	24,57	21,66	23,56
	b*	13,60	11,85	14,13
G 3.2	L*	36,66	42,37	37,82
	a*	26,22	26,35	25,05
	b*	21,63	27,73	24,45
G 4.1	L*	28,10	33,22	32,58
	a*	21,90	24,11	21,60
	b*	20,16	18,68	17,82
G 4.2	L*	38,38	30,60	33,46
	a*	25,39	25,57	24,60
	b*	28,65	25,98	27,87
G 5.1	L*	40,14	40,79	40,75
	a*	25,92	21,24	23,44
	b*	25,80	32,63	26,56
G 5.2	L*	32,51	34,84	43,10
	a*	24,63	22,25	25,52
	b*	25,46	25,46	26,18
G 6.1	L*	40,14	40,79	40,75
	a*	25,92	21,24	23,44
	b*	25,80	32,63	26,56
G 6.2	L*	32,51	34,84	43,10
	a*	24,63	22,25	25,52
	b*	25,46	25,46	26,18

ANEXO – XX

Dados obtidos a partir das análises realizadas em triplicata para cada tempo 5.

COR		Análises - Tempo 5	Análises - Tempo 5	Análises - Tempo 5
G 1.1	L*	32,17	27,04	33,47
	a*	22,51	19,26	21,51
	b*	17,14	15,79	15,87
G 1.2	L*	32,00	26,67	32,58
	a*	20,68	19,53	21,40
	b*	15,33	17,12	16,93
G 2.1	L*	33,52	28,13	24,74
	a*	22,12	21,37	20,52
	b*	14,50	14,19	16,03
G 2.2	L*	37,17	35,48	30,03
	a*	25,69	24,60	25,63
	b*	22,52	19,56	23,87
G 3.1	L*	38,83	38,29	37,90
	a*	25,52	25,33	24,90
	b*	22,69	21,62	21,85
G 3.2	L*	38,25	41,62	39,20
	a*	24,04	18,85	24,35
	b*	21,55	28,94	22,63
G 4.1	L*	39,02	37,87	36,09
	a*	26,86	27,27	26,76
	b*	21,03	20,72	18,60
G 4.2	L*	38,08	34,48	35,09
	a*	25,16	23,94	23,56
	b*	21,00	19,55	14,90
G 5.1	L*	36,08	38,31	48,64
	a*	23,14	24,33	14,93
	b*	24,52	22,67	26,53
G 5.2	L*	33,65	37,58	38,43
	a*	22,18	23,44	23,57
	b*	22,80	23,15	23,53
G 6.1	L*	42,48	28,70	33,29
	a*	22,09	22,12	22,82
	b*	21,71	21,31	21,01
G 6.2	L*	32,17	27,04	33,47
	a*	22,51	19,26	21,51
	b*	17,14	15,79	15,87

ANEXO – XXI

Dados obtidos a partir das análises realizadas em triplicata para cada tempo 10.

COR		Análises - Tempo 10	Análises - Tempo 10	Análises - Tempo 10
G 1.1	L*	25,47	19,82	27,17
	a*	11,51	13,76	11,28
	b*	6,07	7,80	5,62
G 1.2	L*	22,21	21,29	18,14
	a*	16,03	8,53	13,97
	b*	8,84	2,16	7,62
G 2.1	L*	27,63	24,57	20,04
	a*	12,64	12,22	9,24
	b*	5,81	5,27	5,25
G 2.2	L*	32,01	29,48	29,88
	a*	18,02	17,86	16,26
	b*	10,36	10,91	9,08
G 3.1	L*	39,34	28,30	30,90
	a*	25,17	23,03	26,74
	b*	29,94	32,56	29,24
G 3.2	L*	37,65	34,86	33,03
	a*	24,86	26,51	25,19
	b*	27,30	22,55	26,82
G 4.1	L*	38,35	39,60	30,45
	a*	28,76	26,62	27,79
	b*	23,09	24,60	25,66
G 4.2	L*	39,26	34,75	38,31
	a*	23,32	26,66	26,39
	b*	27,21	21,67	22,60
G 5.1	L*	38,90	39,15	19,44
	a*	12,98	12,81	10,43
	b*	16,47	16,81	11,23
G 5.2	L*	28,30	25,51	30,71
	a*	16,47	17,91	16,08
	b*	11,01	12,37	10,50
G 6.1	L*	38,05	35,63	37,62
	a*	27,20	25,81	26,47
	b*	24,73	25,15	24,37
G 6.2	L*	22,21	21,29	18,14
	a*	16,03	8,53	13,97
	b*	8,84	2,16	7,62

ANEXO – XXII

Dados obtidos a partir das análises realizadas em triplicata para cada tempo 15.

COR		Análises - Tempo 15	Análises - Tempo 15	Análises - Tempo 15
G 3.1	L*	33,42	27,06	29,44
	a*	24,76	22,71	22,46
	b*	16,60	14,22	13,14
G 3.2	L*	34,85	36,27	37,57
	a*	26,41	28,07	27,64
	b*	18,41	25,54	23,43
G 4.1	L*	34,66	34,01	35,66
	a*	29,05	28,89	28,61
	b*	22,62	18,52	23,34
G 4.2	L*	31,25	32,64	30,76
	a*	24,76	25,47	24,29
	b*	15,05	15,32	13,54
G 6.1	L*	38,23	37,58	38,39
	a*	22,90	25,21	23,57
	b*	24,83	25,92	24,87
G 6.2	L*	39,98	38,74	40,95
	a*	25,40	24,90	24,30
	b*	25,57	23,57	26,00

ANEXO – XXIII

Dados obtidos a partir das análises realizadas em triplicata para cada tempo 20.

COR		Análises - Tempo 20	Análises - Tempo 20	Análises - Tempo 20
G 3.1	L*	31,35	35,35	34,18
	a*	29,81	29,75	29,59
	b*	22,18	26,70	25,75
G 3.2	L*	33,40	33,05	33,49
	a*	24,12	24,43	21,58
	b*	23,26	23,82	28,30
G 4.1	L*	26,31	28,66	25,28
	a*	20,64	26,48	21,96
	b*	11,42	16,48	12,50
G 4.2	L*	34,83	34,59	25,48
	a*	31,70	31,50	26,71
	b*	25,26	25,46	29,61
G 6.1	L*	33,03	35,29	35,22
	a*	30,16	27,78	27,40
	b*	24,64	24,71	28,64
G 6.2	L*	41,61	32,99	26,64
	a*	23,74	20,61	21,98
	b*	33,74	31,56	29,83

LEGENDA

Quitosana - Temperatura Ambiente = Grupo 1.1 e 1.2

Quitosana Comercial - Temperatura Ambiente = Grupo 2.1 e 2.2

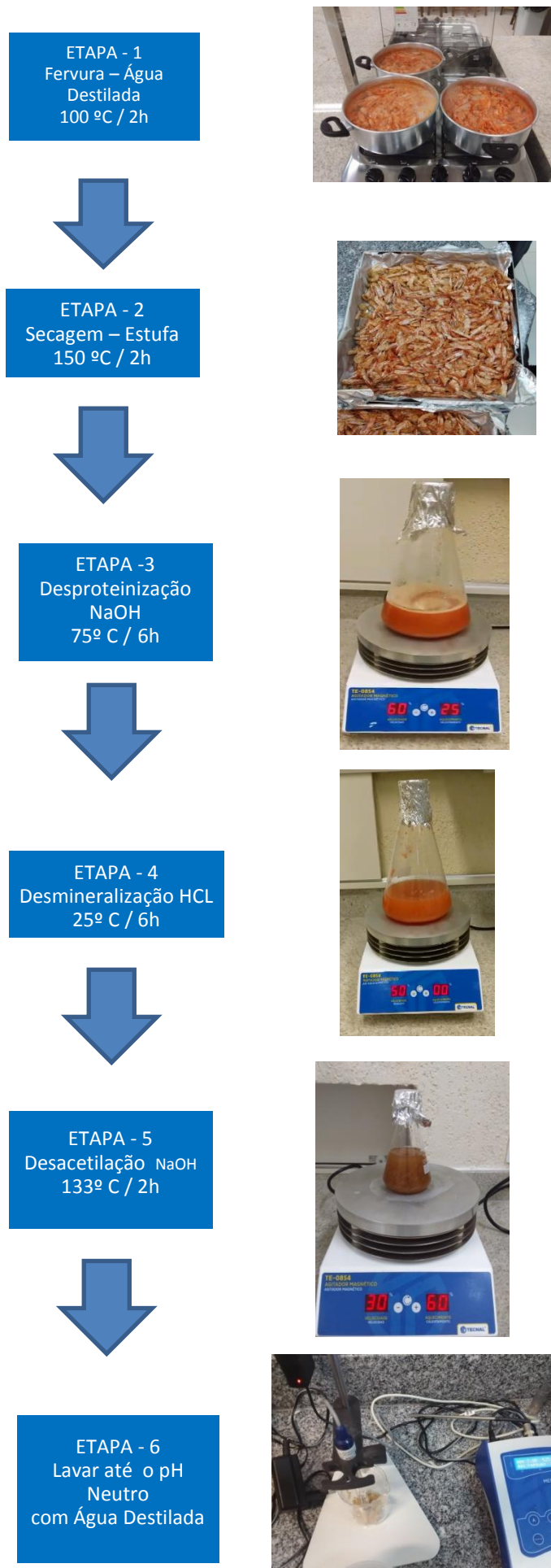
Quitosana - Temperatura de Refrigeração = Grupo 3.1 e 3.2

Quitosana Comercial - Temperatura de Refrigeração = Grupo 4.1 e 4.1

Controle - Temperatura Ambiente = Grupo 5.1 e 5.2

Controle - Temperatura de Refrigeração = Grupo 6.1 e 6.2

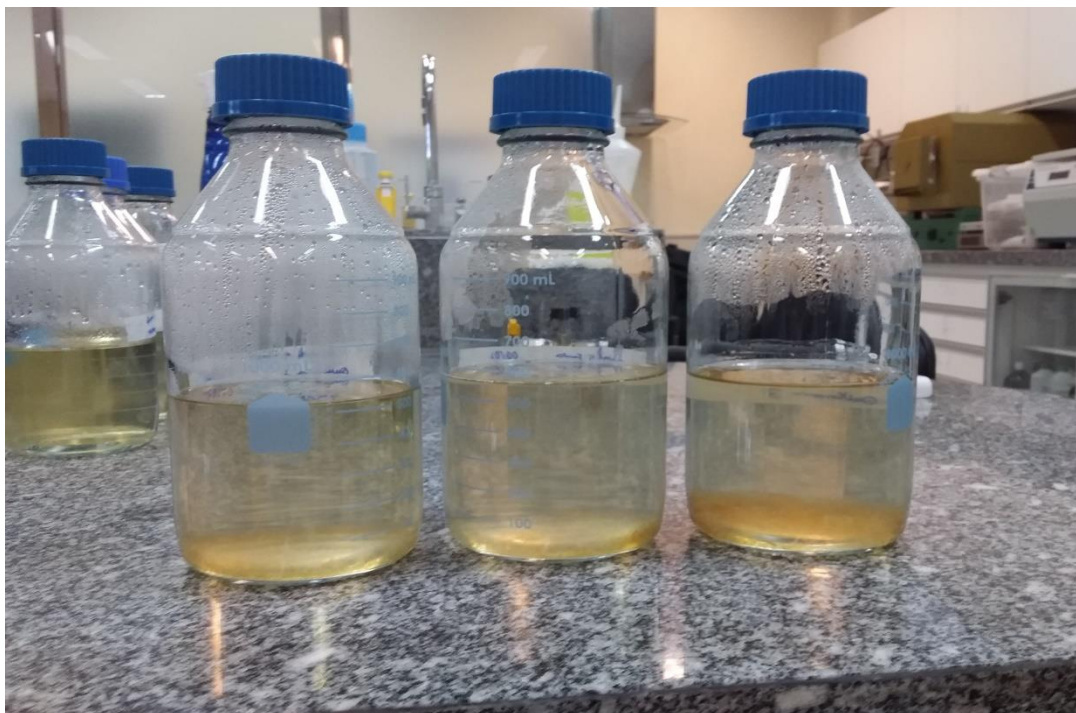
ANEXO – XXIV



ANEXO – XXV

Revestimento do Fruto

1. Revestimento de Quitosana extraída do camarão e Quitosana Comercial.



Revestimento de Quitosana Extraída de Camarão



Revestimento de Quitosana Comercial

2. Fruta Maçaranduba.



3. Método de Imersão dos Frutos.



4. Frutos Revestidos.



5. Frutos Armazenados em Temperatura Ambiente e de Refrigeração.



Temperatura Ambiente



Temperatura de Refrigeração