

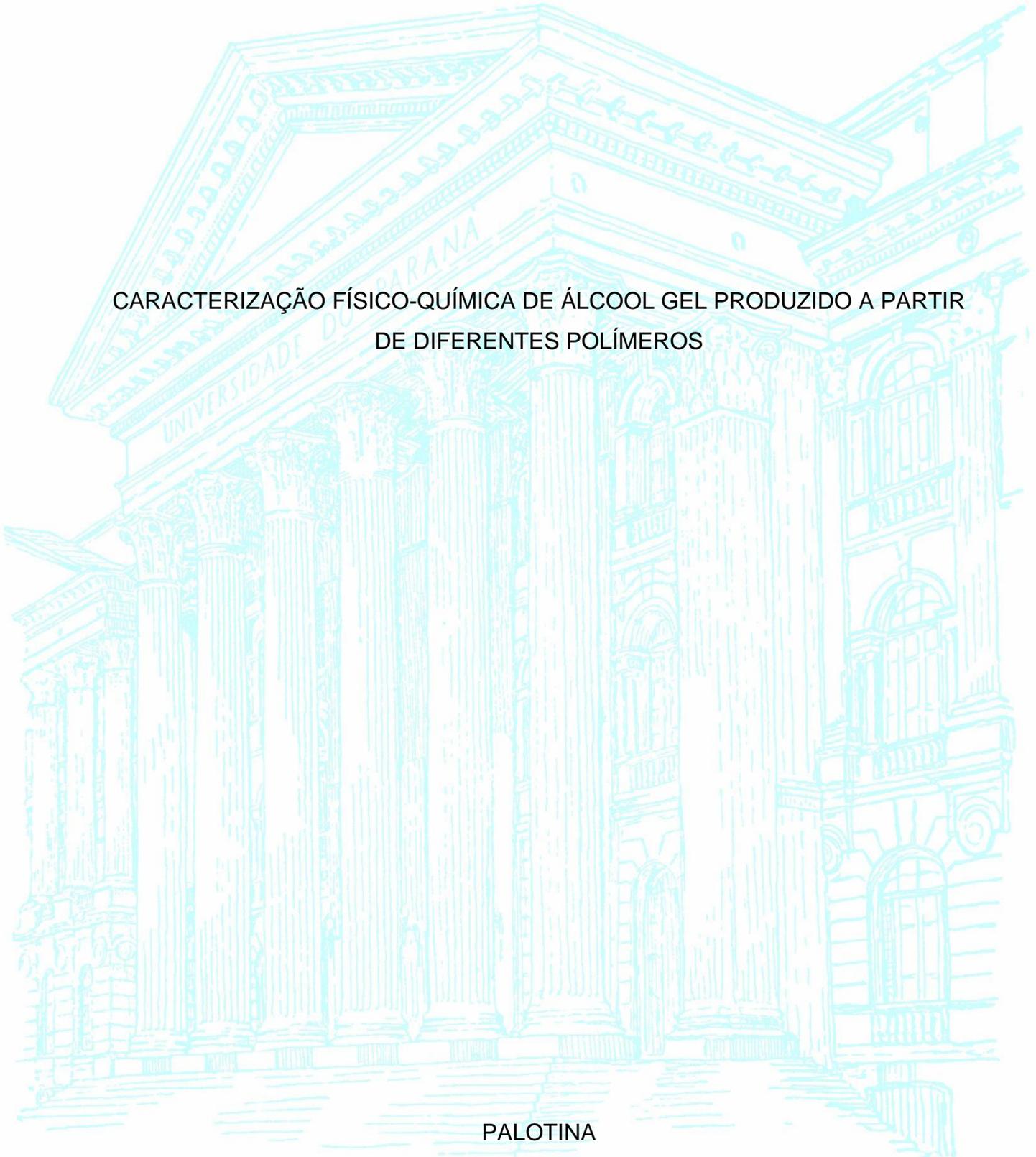
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA CAROLINA BERTOLI

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR
DE DIFERENTES POLÍMEROS

PALOTINA

2023



ANA CAROLINA BERTOLI

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR
DE DIFERENTES POLÍMEROS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Ivonete Rossi Bautitz.

PALOTINA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E EXATAS
Rua Pioneiro, 2153, - - Bairro Jardim Dallas, Palotina/PR, CEP 85950-000
Telefone: 3360-5000 - <http://www.ufpr.br/>

ATA DE REUNIÃO

Aos quinze dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três, às catorze horas, na Sala 19 do Bloco Didático IV, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, realizou-se a Defesa Pública e Oral do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Caracterização físico-química de álcool gel produzido a partir de diferentes polímeros" apresentado pela discente Ana Carolina Bertoli, orientada pela Profa. Dra. Ivonete Rossi Bautitz, como um dos requisitos obrigatórios para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Iniciados os trabalhos, a orientadora e Presidente da Banca concedeu a palavra à discente, para exposição do seu trabalho. A seguir, foi concedida a palavra em ordem sucessiva aos membros da Banca de Exame, os quais passaram a arguir a discente. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos normativos, a Banca de Exame, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo atribuído à discente as seguintes notas: Profa. Dra. Eliane Hermes, nota 98 (noventa e oito), Prof. Dr. Rodrigo Sequinel, nota: 98 (noventa e oito), e Profa. Dra. Ivonete Rossi Bautitz, nota: 98 (noventa e oito). A nota final da discente, após a média aritmética dos três membros da banca de exame, foi 98 (noventa e oito). As considerações e sugestões feitas pela Banca de Exame deverão ser atendidas pela discente sob acompanhamento de sua orientadora. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.



Documento assinado eletronicamente por **IVONETE ROSSI BAUTITZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/02/2023, às 16:05, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO SEQUINEL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/02/2023, às 16:32, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ELIANE HERMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/02/2023, às 16:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **5297712** e o código CRC **CCC2B12D**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a minha família que sempre me incentivou e me ensinou a valorizar os estudos.

Principalmente aos meus avós que nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui, com palavras de carinho, incentivo e amor incondicional.

Ao meu pai que mesmo de longe sempre me apoiou ao longo da minha trajetória acadêmica.

Aos meus tios, meus exemplos de determinação, obrigada por sempre acreditarem no meu potencial e por todas as palavras de encorajamento e perseverança.

A minha professora orientadora Dra. Ivonete Rossi Bautitz por todo o carinho e atenção ao longo desses anos. Principalmente pelos ensinamentos e pela paciência nas elaborações dos trabalhos, sempre disponível para corrigir erros e a ensinar.

Aos meus amigos, por todo o companheirismo e pelas incontáveis horas de estudos durante todos esses anos de convivência.

Por fim, agradeço aos professores da Universidade Federal do Paraná por todo o ensinamento durante os últimos cinco anos.

RESUMO

A quitosana e a celulose são polissacarídeos presentes normalmente em animais marinhos e plantas. Devido às propriedades renováveis e atóxicas, diversos estudos vêm sendo realizados visando aumentar o conhecimento sobre as relações estruturais e as propriedades destes polímeros, uma vez que são compostos naturais, de baixo custo e biodegradáveis. Logo, são considerados polímeros versáteis com diversas aplicações na indústria, dentre elas sua utilização como agente gelificante em soluções em gel. Neste contexto, o trabalho buscou analisar as principais características físico-químicas do álcool gel produzido a partir desses biopolímeros alternativos. Assim, foram realizados testes utilizando quitosana UFPR, quitosana SIGMA, um biopolímero à base de celulose e o agente gelificante carbômero 980 convencionalmente utilizado nas formulações em gel. A caracterização do álcool gel foi realizada por meio de análise do teor de álcool, densidade, pH e viscosidade. Em relação ao teor alcoólico, o biopolímero de celulose apresentou a maior concentração (68,73%), enquanto o carbômero apresentou a menor porcentagem (67,19%). Os resultados de teor alcoólico demonstraram que existe a necessidade de ajustes na formulação, pois alguns valores ficaram abaixo de 68,25%, valor mínimo determinado pela RDC 422/2020. As formulações com quitosana UFPR, SIGMA e biopolímero de celulose apresentaram resultados de pH na faixa entre 5,07 e 5,42, entretanto, os testes com o polímero carbômero não apresentaram os resultados dentro da faixa recomendada, exibindo valores abaixo de 5,0. Em relação a viscosidade, os experimentos mostraram uma grande variação dependendo do agente gelificante empregado. A quitosana SIGMA apresentou os melhores resultados dentre os testes com os biopolímeros, com uma viscosidade média de 564,80 cP, resultado mais próximo ao carbômero com 2012,80 cP. Além disso, foram realizados testes após 7 dias da produção, e os resultados demonstraram pequenas variações nos parâmetros estudados nas formulações. Todos os parâmetros testados utilizando quitosana e celulose como gelificante, exibiram resultados semelhantes aos obtidos com o carbômero demonstrando que não há diferença entre as substâncias. Conclui-se que a utilização dos biopolímeros para a produção de álcool gel é uma alternativa eficaz e renovável, devido ao uso de polímeros provenientes de fontes naturais.

Palavras-chave: Biopolímero. Quitosana. Celulose. Carbômero 980. Etanol.

ABSTRACT

Chitosan and cellulose are polysaccharides normally present in marine animals and plants. Due to the renewable and non-toxic properties, several studies have been carried out to increase the knowledge about the isolated relationships and properties of these proteins, since they are natural, low-cost and biodegradable compounds. Therefore, versatile viruses with various applications in industry are accepted, including their use as a gelling agent in gel solutions. In this context, the work sought to analyze the main physical-chemical characteristics of alcohol gel produced from these alternative biopolymers. Thus, tests were carried out using UFPR chitosan, SIGMA chitosan, a cellulose-based biopolymer and the carbomer 980 gelling agent conventionally used in gel formulations. The characterization of the alcohol gel was performed by analyzing the alcohol content, density, pH and transfer. Regarding the alcohol content, the cellulose biopolymer had the highest concentration (68.73%), while the carbomer had the lowest percentage (67.19%). The pathogenic alcohol content results that there is a need for adjustments in the formulation, as some values were below 68.25%, the minimum value determined by RDC 422/2020. Formulations with chitosan UFPR, SIGMA and cellulose biopolymer showed pH results in the range between 5.07 and 5.42, however, tests with carbomer polymer did not show results within the recommended range, with pH below 5.0. Regarding acceptance, the experiments found a wide variation depending on the gelling agent employed. Chitosan SIGMA showed the best results among the tests with biopolymers, with an average graduation of 564.80 cP, a result closer to the carbomer with 2012.80 cP. In addition, tests were carried out after 7 days of production, and the results of small variations in the parameters studied in the formulations. All criteria tested using chitosan and cellulose as a gelling agent, exhibit results similar to those obtained with the carbomer, demonstrating that there is no significant difference between the two substances. It is concluded that the use of biopolymers for the production of gel alcohol is an effective and renewable alternative, due to the use of polymers from sources.

Keywords: Biopolymer. Chitosan. Cellulose. Carbomer 980. Ethanol.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1– PRINCIPAIS FONTES DE EXTRAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS.....	14
FIGURA 2 – ESTRUTURA QUÍMICA DA QUITINA.....	15
FIGURA 3 – ESTRUTURA QUÍMICA DA QUITOSANA.....	18
FIGURA 4 – ESTRUTURA QUÍMICA DA CELULOSE.....	20
FIGURA 5–COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AVALIADOS APÓS A PRODUÇÃO E DEPOIS DE SETE DIAS.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ORGANISMOS FONTES DE QUITINA.....	16
TABELA 2 – PRODUÇÃO DE CELULOSE NO MUNDO.....	20
TABELA 3 – AVALIAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS.....	28
TABELA 4 – AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS.....	29
TABELA 5 – AVALIAÇÃO DO pH DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS.....	31
TABELA 6 – AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.2	OBJETIVOS.....	11
1.2.1	Objetivo geral.....	11
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	ÁLCOOL GEL.....	12
2.2	BIOPOLÍMEROS.....	13
2.2.1	Quitina.....	15
2.2.1.1	Quitosana.....	17
2.2.2	Celulose.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	SOLUBILIZAÇÃO DA QUITOSANA.....	23
3.2	PREPARO DO ÁLCOOL GEL.....	23
3.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÁLCOOL GEL.....	24
3.3.1	Análise do Teor alcoólico.....	24
3.3.2	Análise da densidade.....	25
3.3.3	Análise do pH.....	26
3.3.4	Análise da viscosidade.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FORMULAÇÕES DE ÁLCOOL GEL PREPARADAS A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS.....	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A quitina é um dos biopolímeros mais abundantes presentes na natureza, assim apresenta a posição de segunda substância mais numerosa no planeta, perdendo apenas para a celulose. Ambas as estruturas são muito semelhantes em decorrência da quitina e celulose executarem a mesma função nos organismos, a de sustentação. Sendo esse composto o principal componente do exoesqueleto de crustáceos, moluscos e insetos (HORN, 2008; SOUZA, 2016).

Atualmente, a forma mais acessível da quitina é a proveniente do subproduto da indústria pesqueira, obtida pelo processamento de camarões, caranguejos e lagostas. Essa indústria vem obtendo números expressivos no mercado mundial, visto que a produção total de pesca e aquicultura atingiu um recorde de 214 milhões de toneladas em 2020, sendo 178 milhões de toneladas de animais aquáticos e 36 milhões de toneladas de algas (FAO, 2022). Por outro lado, os resíduos provenientes dessa cadeia tem se tornado motivo de preocupação ambiental. Devido a geração de resíduos da pesca ser considerável, ocorre um grande interesse em seu reaproveitamento, como preferência para sua disposição final (BESSA-JUNIOR; GONÇALVES, 2013; SOUZA, 2016).

Ao contrário da quitina e celulose, a quitosana não costuma ser encontrada em grande quantidade na sua forma natural, podendo ser obtida naturalmente na parede celular de alguns fungos, com destaque a ordem *Mucorales*. Dessa forma, o composto frequentemente é obtido por meio da desacetilação da quitina natural (SANTOS, 2009). Assim, a quitosana é o composto proveniente da desacetilação da quitina em soluções básicas como o hidróxido de sódio ou de potássio. Ao longo do processo ligações N-acetil do polímero quitina vão se rompendo dando origem a D-glicosamina que contém um grupo amina livre (SOUZA, 2016).

A celulose vegetal é o polímero presente em maior quantidade no planeta, e tem como características insolubilidade em água, solventes orgânicos e ácidos. Independentemente da fonte de obtenção, o composto é formado por unidades de β -D-glicopirranose através das ligações β -1,4-glicosídicas. Essa molécula pode ser encontrada em plantas, em alguns animais marinhos como os tunicados e em menor grau em algas, além de ser sintetizada por fungos e bactérias (CHAGAS, 2022; NASCIMENTO, 2021). Esse composto orgânico apresenta diversas aplicações na

indústria, sendo utilizado desde matéria-prima para a produção de papel até como espessante para a fabricação de álcool gel (AZEVEDO et al., 2007)

O cenário global causado pela pandemia do SARS-CoV-2, gerou um aumento no consumo de álcool em gel, o que levou a um desabastecimento de insumos, principalmente de espessantes utilizados na produção de sanitizantes. Devido ao preço e disponibilidade de mercado, o principal formador de gel é o polímero carbômero 980. A vantagem dos carbômeros em relação a outros polímeros, ocorre devido à alta transparência, sensação ao toque e estabilidade dos géis hidroalcoólicos de carbômero. Além disso, o carbômero apresenta em repouso uma característica sólida, no entanto depois que o produto é aplicado e ocorre fricção das mãos a viscosidade é reduzida e o produto líquido consegue ser difundido por toda a superfície (BERARDI et al., 2022).

Dessa forma, os espessantes mais conhecidos para a produção de sanitizantes para as mãos são os carbômeros, entretanto, polímeros alternativos podem ser utilizados para a fabricação de anti-séptico, como biopolímeros à base de quitosana e celulose. Hidroxietil celulose (HEC), hidroxipropil celulose (HPC), hidroxipropil metilcelulose (HPMC), são exemplos de biopolímeros à base de celulose (BERARDI et al., 2022; CRUZ, 2021).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas do álcool gel produzido a partir dos biopolímeros quitosana e celulose e comparar com o espessante referência (carbômero 980).

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar metodologia para produção de álcool gel utilizando os biopolímeros quitosana e celulose;
- Testar metodologia de preparo de álcool gel a partir do carbômero;
- Analisar as características físico-químicas (teor alcoólico, temperatura, densidade, pH e viscosidade) das formulações;
- Avaliar a estabilidade das formulações após 7 dias de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁLCOOL GEL

O álcool se caracteriza como sendo um composto líquido, incolor, orgânico, inflamável e com forte odor. Esse composto pode ser gerado a partir da fermentação de açúcares e substâncias amiláceas como o milho, a mandioca, a beterraba, a batata e a cana-de-açúcar, visto que os álcoois apresentam o grupo hidroxila (OH) ligada a um átomo de carbono (CRUZ, 2021).

O processo de higienização das mãos utilizando a lavagem com água e sabão ou a utilização de produtos à base de álcool, sobretudo soluções etanólicas ou isopropílicas, são os principais procedimentos de assepsia (PRIMO et al., 2010). Segundo Berardi et al. (2020), a lavagem das mãos com água e sabão é o método mais recomendado para a remoção de patógenos, uma vez que apresenta maior ação contra diferentes tipos de microrganismos. No entanto, o processo não consegue sozinho destruir totalmente a população microbiana, tornando necessário a utilização de agentes anti-sépticos para a remoção dos microrganismos que causam doenças (BERARDI et al., 2020; CRUZ, 2021).

Os desinfetantes para as mãos apresentam uma ação para 99,9% dos germes, sendo menos eficientes em microrganismos como *Cryptosporidium*, *norovírus* e *Clostridium difficile*. A efetividade dos anti-sépticos está relacionada com o tipo de álcool; concentração; quantidade aplicada nas mãos e o tempo de exposição. Assim, o Isopropanol, etanol, n-propanol são os álcoois mais utilizados para a fabricação das formulações, uma vez que não exibem potencial para apresentar resistência bacteriana. Além disso, a eficácia da ação desses anti-sépticos pode ser reduzida em decorrência de mãos gordurosas ou sujas, pois dificulta a penetração do produto na superfície (BERARDI et al., 2020; CRUZ, 2021).

O álcool etílico é o mais empregado na produção de álcool em gel, pois a substância apresenta como vantagem uma grande eficácia contra vírus comparado a outros álcoois. O álcool atua na desnaturação de proteínas e dissolução da membrana lipídica por meio da quebra das células e suspensão do metabolismo celular, devendo apresentar uma concentração de 70% na solução e ser diluído em água, para facilitar a desnaturação de proteínas. A vantagem da aplicação dessa substância está na sua

rápida desinfecção, facilidade de aplicação, baixa toxicidade e baixo custo (CRUZ, 2021; PRIMO et al., 2010; SEQUINEL et al., 2020).

O etanol em concentração superior a 75% apresenta capacidade de inativação para vírus lipofílicos (herpes, influenza e vaccinia) e vários vírus hidrofílicos (adenovírus, rinovírus, enterovírus e rotavírus). Enquanto, concentrações superiores a 70% são excelentes para a inativação do COVID-19 em até 30 s (DHAMA et al., 2022).

Apesar de todos os benefícios do álcool, quando em estado líquido apresenta alguns riscos à saúde humana, devido às suas propriedades como volatilidade, inflamabilidade, ressecamento de pele e o maior espalhamento sobre as superfícies (CECHINEL, 2003). Desde 2002, o país começou a indicar a utilização de antissépticos na forma de gel para diminuir as limitações do produto, garantindo maior segurança e facilidade de manejo à população. O motivo tem relação com a vaporização do etanol em temperaturas maiores a 12,8 °C, com a sua combustão em razão do ponto de ebulição (78,3 °C) e baixo ponto de fulgor (12,8 °C). Além disso, as formulações em gel apresentam viscosidade, o que diminui o espalhamento do produto sob as superfícies reduzindo riscos de incêndio (SEQUINEL et al., 2020).

O Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece os critérios para a preparação de antisséptico. Segundo a organização, soluções fabricadas com álcool etílico devem apresentar teor alcoólico de 70% (p/p) ou 77% (v/v), álcool etílico glicerinado 80 % (v/v) e álcool isopropílico glicerinado 75% (v/v). O formulário ainda define o pH das formulações com valores entre 5 e 7. Por fim, a Farmacopeia sugere a utilização do polímero acrílico carbopol (carbômero 980) como agente espessante na concentração de 0,5%, álcool etílico 96 °GL, solução de trietanolamina a 50% (p/v) e água purificada (ANVISA, 2012).

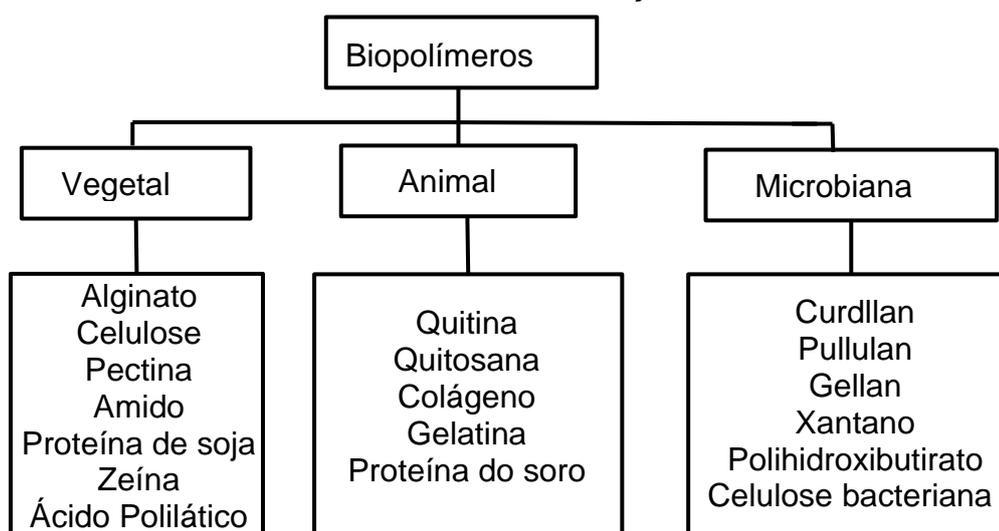
2.2 BIOPOLÍMEROS

Os polímeros são macromoléculas formadas por unidade de moléculas menores, os monômeros (CARVALHO, 2022). Assim, os biopolímeros são polímeros de origem natural produzidos através de organismos vivos, logo são considerados matéria-prima de fonte renovável como milho, celulose, quitina, etc. Enquanto, os polímeros sintéticos são provenientes do petróleo, os quais apresentam uma

problemática bem conhecida com relação as questões ambientais. A utilização desses polímeros agrava os problemas ambientais, uma vez que apresentam uma degradação muito lenta. Conseqüentemente, os impactos ambientais, a escassez do petróleo, a não biodegradabilidade dos polímeros sintéticos e o aumento de custo levaram a um crescimento da procura de biopolímeros (BRITO et al., 2011; FARIAS et al., 2016).

Os biopolímeros podem ser classificados em três diferentes categorias: os sintetizados artificialmente, os produzidos por microrganismos e os extraídos a partir da biomassa. Levando em conta as fontes de obtenção, eles são divididos em biopolímeros de origem vegetal, animal e microbiana. Assim, os polissacarídeos provenientes de plantas são vistos em espécies vegetais e obtidos de diversas partes de plantas terrestres ou aquáticas, como folha, caule, tronco, raízes, tubérculos, sementes e frutos. Por outro lado, os de origem microbiana são sintetizados por microrganismos, normalmente como secreções extracelulares em meios de cultura. Sendo produzida principalmente por bactérias do gênero *Acetobacter*, *Sarcina ventriculi* e *Agrobacterium*. Já os biopolímeros de origem animal são encontrados em espécies animais (FIGURA 1) (JUSTINO et al., 2022).

FIGURA 1 – PRINCIPAIS FONTES DE EXTRAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS



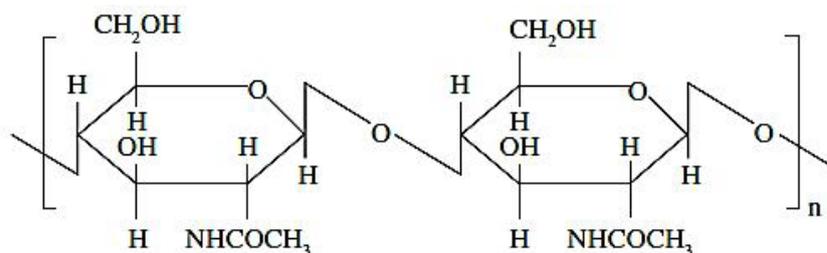
FONTE: adaptado de Justino et al (2022).

Devido a semelhança com os polímeros sintéticos, os biopolímeros podem substituir essas substâncias em suas aplicações, sendo a principal vantagem o menor tempo de degradação. Além disso, apresenta benefícios como baixa toxicidade, biodegradabilidade, características filmogênicas, facilidade de derivatização, disponibilidade e baixo custo (BRITO et al., 2011; FARIAS et al., 2016).

2.2.1 Quitina

A quitina (FIGURA 2) é um polímero linear formado predominantemente por 2-acetamido-2-desoxi-D-glicopiranosose e por uma pequena quantidade de 2-amino-2-desoxi-D-glicopiranosose unidos por ligação glicosídica. Esse polissacarídeo é a segunda substância orgânica mais abundante da terra, sendo ultrapassada exclusivamente pela celulose. Essas substâncias possuem características parecidas, pois estão envolvidas na proteção dos organismos em que ocorrem (CAMPANA-FILHO et al., 2007; FELIPE et al., 2017).

FIGURA 2 – ESTRUTURA QUÍMICA DA QUITINA



FONTE: Dias et al (2013)

A distinção entre essas duas moléculas está no grupamento amina acetilado existente na quitina, visto que a celulose apresenta uma hidroxila como substituto. Assim, a quitina pode ser encontrada na estrutura esquelética de invertebrados, em algas e na parede celular de fungos, como demonstrado na TABELA 1 (CAMPANA-FILHO et al., 2007; FELIPE et al., 2017; MOTTA, 2011).

TABELA 1- ORGANISMOS FONTES DE QUITINA

Seres marinhos	Insetos	Fontes diversas
Anelídeos	Escorpião	Algas verdes
Celenterados	Formiga	Leveduras (tipo β)
Crustáceos	Besouro	Fungos (parede celular)
Moluscos	Aranha	Algas Castanhas
	Barata	Micélio de Penicillium

FONTE: Felipe et al (2017).

Os países Asiáticos são os maiores produtores de animais aquáticos, correspondendo a 70% da produção total (178 milhões de toneladas), sendo seguido pelas Américas, Europa, África e Oceania. Apenas no ano de 2020 a produção mundial atingiu um total de 11.237.000 toneladas de crustáceos e 17.742.200 toneladas de moluscos (FAO, 2022).

A carcaça de crustáceos é a matéria prima mais utilizada para a obtenção de quitina, apresentando 15 a 20% de quitina, 25 a 40% de proteína e 40 a 55% de carbonato de cálcio, além de quantidades significativas de pigmentos e lipídeos, enquanto, os resíduos de lula e molusco contém cerca de 35-40% de quitina. Esse polissacarídeo, também pode ser visto na parede celular de fungos e outros microrganismos, no entanto, a obtenção da quitina requer alto custo e é considerado de difícil extração (TROVATTI et al., 2016). Assim, a separação de quitina da carcaça ocorre através das etapas de desmineralização, desproteínização e descoloração (AZEVEDO et al., 2007).

O processo de desmineralização pode ocorrer em diferentes condições, sendo que a temperatura e o tempo podem variar, respectivamente, entre 0-100 °C e de 30 min a 48 h. Durante esse processo acontece a aplicação de ácidos como HCl, HNO₃ e H₂SO₃ para a remoção de sais minerais, especialmente carbonato e fosfato de cálcio. A eliminação de proteínas, ocorre com o emprego de bases como NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃ e de temperaturas elevadas entre 65 a 100 °C. As condições do meio devem apresentar um rigoroso controle para evitar despolimerização e a hidrólise dos grupos acetamida (AZEVEDO et al., 2007; CAMPANA-FILHO et al., 2007).

A eliminação de pigmentos pode ser realizada por extração ou branqueamento, sendo os solventes mais utilizados o etanol e a acetona. Os crustáceos exibem um

pigmento chamado astaxantina, a qual pode ser reaproveitada por extração com solventes (AZEVEDO et al., 2007; CAMPANA-FILHO et al., 2007).

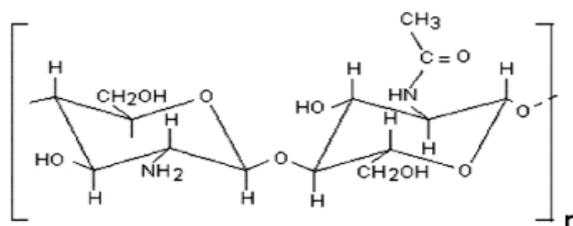
2.2.1.1 Quitosana

A quitosana é uma substância que vem ganhando destaque nas últimas duas décadas. Isso ocorre, devido à propriedade renovável, biodegradável, sua atoxicidade e biocompatibilidade (FARIAS, 2016). Um grande número de pesquisas vêm sendo realizadas com esse polissacarídeo, o que trouxe conhecimento sobre sua funcionalidade e aplicação (ALVES et al., 2021; CRUZ, 2021; FARIAS, 2016; FELIPE, 2017; JIANG et al., 2021; LARANJEIRA; FÁVERE, 2009).

A molécula é constituída por *N*-acetil-*D*-glicosamina, formada por unidades monoméricas de β -(1→4)-2-amino-2-desoxi-*D*-glicose e β -(1→4)-2-acetamida-2-desoxi-*D*-glicose. Esse polissacarídeo é gerado pela reação de desacetilação da quitina em meio alcalino, sendo a quitina um polímero natural proveniente principalmente de exoesqueletos de crustáceos e insetos (FELIPE et al., 2017; LARANJEIRA; FÁVERE, 2009).

Dessa forma, a quitosana (FIGURA 3) é produzida através da desacetilação da quitina. O processo pode ocorrer por métodos químicos, através da via homogênea empregando álcali-quitina ou via heterogênea realizado com soluções aquosas concentradas de NaOH ou KOH, ou processos enzimáticos. Logo, ocorre a eliminação do grupo acetamido da quitina que tem sua posição ocupada pelo grupo amino, assim, a molécula passa a ser denominada de quitosana. O processo de desacetilação dificilmente ocorre completamente, visto que, são necessárias reações consecutivas que propiciam a despolimerização (AZEVEDO et al., 2007; CAMPANA-FILHO et al., 2007).

FIGURA 3- ESTRUTURA QUÍMICA DA QUITOSANA



FONTE: Janegitz et al (2007)

Diferentes fatores envolvidos no processo de obtenção de quitosana interferem na pureza, viscosidade, grau de desacetilação e peso molecular, com isso algumas condições de processo devem ser controladas rigidamente como a temperatura (110-115 °C), tempo de reação e composição dos reagentes (PRIMO, 2015). O grau de desacetilação, distribuição de massa molar e conteúdo de impurezas do biopolímero é influenciado pela fonte da quitina e pelo método de preparação. Assim, a quitina nativa apresenta uma massa molar média superior a 10^6 Daltons, por outro lado a quitosana comercial exhibe uma massa molar entre $1,0 \times 10^5$ e $1,2 \times 10^6$ Daltons (FELIPE et al., 2017; LARANJEIRA; FÁVERE, 2009;).

O grau de desacetilação (GD) é uma das principais propriedades da quitosana, pois determina a quantidade de grupos amínicos livres no polissacarídeo. Essa característica auxilia na distinção entre quitina e quitosana, interferindo na sua solubilização. Então, quando o composto apresenta um grau de desacetilação maior que 50% é conhecido como quitosana (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009; LIMA, 2010; PRIMO, 2015).

No entanto, o grau de acetilação (GA), é outro parâmetro que distingue ambos os biopolímeros, sendo determinado pelo número de unidades 2-acetamido-2-desoxi-D-glicopiranosose na molécula. Quando o grau de acetilação do polímero for de até 40% é denominado quitosana, no entanto se identificado um GA superior a 40% considera-se quitina. Assim, a quitosana é um composto solúvel em grande parte das soluções de ácidos orgânicos com pH inferior a 6, enquanto a quitina é insolúvel na maioria dos solventes (FELIPE et al., 2017; RODRIGUES, 2016).

Em razão da protonação de grupos aminos, a quitosana consegue ser solubilizada em soluções de ácidos fracos, sendo o ácido acético o mais utilizado. Para o aumento da estabilidade química e a resistência mecânica agentes reticulantes

como glutaraldeído, etilenoglicol diglicidil éter, tripolifosfato, ácido sulfúrico e epicloridrina podem ser empregados (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009).

O potencial de aplicação da quitosana é diverso, uma vez que pode ser utilizada para a produção de adubo na agricultura, , floculante para clarificação e remoção de íons metálicos no tratamento de água, nutrição animal, controle microbiológico na indústria de alimentos, fungicida e bactericida, esfoliante para a pele, tratamento de acne e hidratante capilar na indústria de cosméticos, suturas cirúrgicas, implantes dentários e reconstituição óssea na área médica, agente imunológico, antitumoral, hemostático e anticoagulante na biofarmacêutica, além de auxiliar na imobilização de enzimas e na separação de proteínas (AZEVEDO et al., 2007; CARNEIRO, 2021; DIAS et al., 2013).

A vasta aplicação do biopolímero está relacionado com a alta hidrofobicidade proveniente de grupos hidroxila e amino. Por outro lado, a alta porcentagem de grupos amino existentes na matriz polimérica proporciona modificações químicas que podem ser empregadas na imobilização de agentes quelantes, carboxilação, acilação, sulfonação, amidação, formação de complexo polieletrólítico entre outros. A modificação física é uma característica de grande destaque do composto, pois possibilita uma flexibilidade na sua aparência, conseguindo permanecer na forma de flocos, microsferas, nanopartículas, membranas, esponjas, colméias, fibras e fibras ocas (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009).

2.2.2 Celulose

O mercado de celulose apresenta grande importância na economia mundial, devido ao grande volume de receita gerado. A indústria de celulose se destaca pelo alto nível tecnológico, uma vez que as plantas industriais exibem potencial para grandes produções e base florestal plantada. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2021) o Brasil teve um crescimento de 6,6% na produção de celulose em 2020 quando comparado ao ano anterior. A alta produção anual de celulose ocorre devido à alta qualidade, origem sustentável e certificada. Logo, o país conseguiu se manter como o segundo maior produtor de celulose do mundo (TABELA 2), com uma produção de 21,0 milhões de toneladas, perdendo apenas para os Estados.

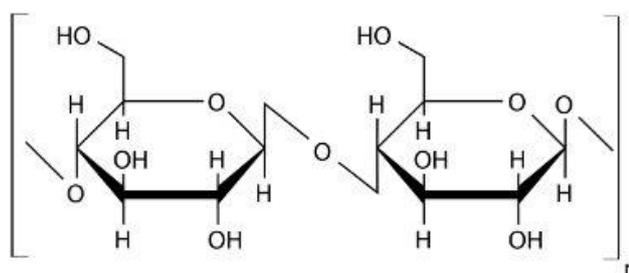
TABELA 2 - PRODUÇÃO DE CELULOSE NO MUNDO

País	Produção (10 ⁶ t)	% da produção
EUA	50,9	27,4%
Brasil	21,0	11,3%
Canadá	15,4	8,3%
China	14,9	8,0%
Suécia	12,0	6,5%
Finlândia	10,5	5,7%
Rússia	8,8	4,7%
Indonésia	8,4	4,5%
Japão	7,2	3,9%
Chile	5,2	2,8%

FONTE: EPE (2021)

A celulose é um homopolissacarídeo linear, com fórmula $C_6H_{10}O_5$ (FIGURA 4). Em sua estrutura apresenta unidades de glicose monoméricas e ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4), além de alta massa molar. Devido às ligações glicosídicas (1 \rightarrow 4), desenvolve função estrutural para a geração de fibras, assim tem como finalidade auxiliar na estrutura de sustentação de vegetais (COSTA, 2018; FERREIRA, 2022).

FIGURA 4- ESTRUTURA QUÍMICA DA CELULOSE



FONTE: Santos (s.d)

Esse polissacarídeo é o principal constituinte dos materiais lignocelulósicos, com uma produção mundial de aproximadamente de 100 bilhões de toneladas por ano, assim é considerado o polímero mais abundante na natureza, em razão da facilidade de obtenção. Além disso, a celulose é o principal componente da biomassa vegetal com uma concentração entre 35 a 40%, sendo seguido das hemiceluloses (25-30%) e ligninas (15-30%). Tem como característica uma grande massa molecular, considerável grau de cristalinidade e insolubilidade em água (CANDIDO, 2015; KRAMER, 2019; SOUZA; CARVALHO; VALADARES, 2015).

As características físicas e químicas dos derivados de celulose são influenciadas pelo grupo substituinte (metil, acetil, etc), grau de substituição e o grau de polimerização. O grau de substituição (GS) representa o número de grupos hidroxilas (OH) substituídos, devido à existência de 3 posições com possibilidade de substituição em cada glicose, o GS consegue alcançar um valor máximo de 3. Por outro lado, o grau de polimerização (GP) é definido como comprimento médio da cadeia. Através da seleção do tipo de polpa de dissolução e por meio do controle dos parâmetros das reações esses fatores conseguem ser influenciados (CANDIDO, 2015).

Logo, consegue ser classificada em celulose complexa e celulose pura. A celulose complexa, denominada de celulose vegetal, é proveniente da parede celular de plantas e apresenta hemicelulose, lignina e pectina. Por outro lado, a celulose pura, conhecida como celulose bacteriana, não exibe hemicelulose e lignina (ALMEIDA; FURTADO, 2020). Desse modo, a celulose vegetal é considerada um composto de baixa pureza, enquanto, a celulose bacteriana é classificada como um composto de alto grau de pureza (AMORIM, 2020).

O processo de obtenção da molécula passa basicamente por 3 etapas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos. Inicialmente ocorre o pré-tratamento para a remoção da lignina e da hemicelulose que envolve a celulose como barreira de proteção. Esse processo tem como objetivo aumentar o grau de exposição da celulose, ampliando a eficiência do processo de hidrólise (CANDIDO, 2011; TAMURA, 2020).

O processo físico implica na diminuição do tamanho das partículas através da etapa de moagem. Já o processo químico que compreende os tratamentos de hidrólise ácida ou alcalina possibilita a fragmentação da lignina e da hemicelulose, que conseguem ser dissolvidos no meio, restando a fibra celulósica (PEREIRA; ANJOS; MAGNAGO, 2019; TAMURA, 2020).

A hidrólise ácida é mais efetiva na quebra das ligações glicosídicas da hemicelulose, com uma fragmentação superior a 90% dessa substância. No entanto, apresenta uma menor eficiência para a quebra de lignina comparada a hidrólise alcalina. Para a realização desses processos podem ser utilizados reagentes como ácido sulfúrico, ácido clorídrico, hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio (PEREIRA; ANJOS; MAGNAGO, 2019).

Além disso, a hidrólise enzimática também pode ser aplicada para a quebra dos componentes da celulose. O processo é influenciado por aspectos que causam impacto no desenvolvimento das enzimas, como a temperatura e pH. Normalmente, a hidrólise enzimática é utilizada após a hidrólise alcalina (PEREIRA; ANJOS; MAGNAGO, 2019).

Assim, o tratamento alcalino é o mais empregado para a obtenção de celulose, pois demonstra um menor risco de fragmentação de celulose. Esse processo elimina mais de 90% da lignina e 80% da hemicelulose, apresentando uma estrutura inalterada da celulose. No entanto, propicia o escurecimento da polpa celulósica sendo necessário a etapa de branqueamento. Durante o branqueamento, compostos que geram cor são removidos através da adição de peróxido de hidrogênio ou com a adição da enzima xilanase (CANDIDO, 2011; PEREIRA; ANJOS; MAGNAGO, 2019).

A insolubilidade em água da celulose ocorre em função do grande número de grupos hidroxilas provenientes das cadeias de glicose, devido às ligações de hidrogênio entre as hidroxilas. A molécula apresenta ligações glicosídicas que são consideradas ligações covalentes, dessa forma, duas moléculas de glicose se agrupam para formar a estrutura da celulose. Essa molécula pode ser modificada quimicamente pois apresenta três hidroxilas que conseguem ser substituídas através de uma reação de substituição (NASCIMENTO, 2021).

Devido a insolubilidade da celulose em água, a produção de derivados é realizada para uma maior aplicabilidade da substância. Compostos como a carboximetilcelulose (CMC), hidroxietilcelulose (HEC), hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e a metilcelulose (MC) são produzidos através alquilação da celulose (VIEIRA, 2012). Essas substâncias podem ser utilizadas para a fabricação de diferentes produtos, como papel, fraldas descartáveis, materiais de construção, tecidos, papel higiênico, absorventes, emulsionantes e estabilizantes de alimentos, adesivos, biocombustíveis e materiais de construção (FERREIRA, 2022).

Em virtude da capacidade espessante, a celulose consegue ser empregada como substituto a polímeros sintéticos. No mercado atual pode ser encontrado derivados da celulose como Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), hidroxietilmetilcelulosa (HEMC) e Hidroxietilcelulose (HEC) utilizados como agentes espessantes. Essas substâncias possibilitam inclusive o preparo de álcool gel, possibilitando formulações transparentes, com estabilidade em uma grande faixa de pH, viscosidade adequada e baixo custo (FELICISSIMO et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi feita com a utilização da quitosana produzida pelo Laboratório de Materiais e Energias, chamada de "quitosana UFPR". A mesma foi preparada a partir de resíduos da carcinicultura, com grau de desacetilação de 94% e massa molar de 170 KDa.

A quitosana definida como "SIGMA" foi fabricada pela empresa SIGMA-ALDRICH com massa molar na faixa de 190-310 kDa e grau de desacetilação entre 75 e 85% (SIGMA-ALDRICH, 2023).

O carbômero 980 foi cedido à Universidade Federal do Paraná para a elaboração do trabalho, enquanto o biopolímero à base de celulose foi doado por uma empresa consolidada no ramo de papel e celulose.

O preparo das formulações de álcool gel foi realizado no Laboratório de Análise Instrumental do Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná.

3.1 SOLUBILIZAÇÃO DA QUITOSANA

O ensaio de solubilização (quitosana UFPR e SIGMA) foi realizado em erlenmeyer por meio da pesagem (balança Shimadzu, modelo BL 3200H) da quitosana, posteriormente houve a adição de 100 mL de ácido acético a 2%. Os frascos foram vedados com papel pardo e inseridos na incubadora Shaker (Limatec - LT 600/1) para agitação a 125 rpm e 30 °C durante 12 horas (NORO, 2021).

3.2 PREPARO DO ÁLCOOL GEL

A produção de álcool gel utilizando quitosana UFPR 0,5% (62,5 g) e SIGMA 0,5% (62,5 g) foi realizada através da pesagem de álcool etílico (99,5%), em quantidade equivalente a 70% da proporção final (351,75 g), glicerol (5 g) e água destilada até que se completasse a massa final. Com a pesagem da quitosana solubilizada (item 3.1), em quantidade pré-estabelecida, inseriu-se metade da solução de álcool etílico com glicerol em um becker, sob agitação de 500 rpm por 5 min. A quantidade restante de etanol foi adicionada com agitação de 1000 rpm (Agitador mecânico digital Tecnal 039-1), até completar o tempo de 15 min.

Por outro lado, a fabricação de álcool gel empregando como espessante o carbômero 980 foi realizada seguindo a metodologia proposta pelo Formulário da Farmacopeia (ANVISA, 2012). Para o preparo da formulação foi executada a diluição do polímero 0,5% (2,5 g) em água destilada (124,08 g) com agitação manual constante até a solubilização da amostra. Com o fim da solubilização inseriu-se metade da proporção final de álcool (368,42 g) e glicerol (5 g) sob agitação a 500 rpm por 5 min. Posteriormente, o restante da solução de álcool foi adicionada juntamente com a aferição do pH com tiras de papel indicadoras. Na sequência, foram inseridas 6 gotas de Trietanolamina (50% m/v), para correção do pH. A solução manteve-se em agitação de 1000 rpm por 10 min (Agitador mecânico digital Tecnal 039-1).

A produção do biopolímero à base de celulose (500 g) foi realizada com a solubilização do polímero (0,5%) em água destilada (140,75 g) por 30 min, com agitação manual ocasional durante o tempo de repouso. Em seguida, foi adicionado à solução álcool (351,75 g) e glicerol (5 g), sob agitação manual ocasional durante 40 min. Após o tempo de descanso a formulação foi encaminhada para o agitador mecânico digital Tecnal 039-1 durante 15 min a 600 rpm. Posteriormente, foram inseridos NaOH (1% m/v) para a correção do pH e a solução permaneceu por mais 25 min a 700 rpm.

Os experimentos utilizando quitosana UFPR, quitosana SIGMA e carbômero 980 foram realizados em quintuplicata, enquanto os testes aplicando o biopolímero à base de celulose foram feitos em triplicata, devido à escassez desse material. Após a produção, as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente, protegidas da umidade e luminosidade.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÁLCOOL GEL

A caracterização do álcool gel foi realizada por meio de análise do teor alcoólico, densidade, pH e viscosidade.

3.3.1 Análise do Teor alcoólico

A medição do teor alcoólico foi realizada através da incorporação do alcoômetro de vidro escala 0 a 100 Rivaterm (lote 14071-13) na solução em gel. O experimento foi feito através da inserção da amostra em proveta seguida da adição

do instrumento. Para um procedimento preciso o instrumento não deve encostar na vidraria, mas flutuar na mesma. A identificação da medida deve ser efetuada na base do menisco, na qual a escala graduada deve estar marcada pelo líquido. Após o procedimento, o teor alcoólico foi alterado de °GL para °INPM, através da Equação (1) (SEQUINEL et al., 2020):

$$\text{INPM} = \frac{\text{ABV} \times \text{Me}}{\text{Mm}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que,

INPM = teor de etanol em % m/m (ABW);

ABV = teor de etanol em % volume;

Me = densidade do etanol absoluto (puro) na temperatura de referência;

Mm = densidade da mistura etanol/água na temperatura de referência.

A medida da temperatura é essencial para a correção do teor alcoólico nas formulações. Com isso, a determinação da grandeza foi realizada por meio de Termômetro digital B-Max (modelo TP101), inserido diretamente na solução após o preparo. A correção é realizada com base em Tabelas de Força Real de Líquidos Espirituosos (ANVISA, 2012).

3.3.2 Análise da densidade

A avaliação da densidade é essencial, pois possibilita a correção do teor alcoólico em relação a temperatura (item 3.3.1) através de tabelas de conversão. Isso ocorre devido a variação da densidade de um líquido em função da temperatura. O experimento foi realizado por meio da inserção da amostra em proveta e da adição do densímetro de vidro escala 0 a 100 Rivaterm (lote 5833-19), sendo essencial que o equipamento flutue no líquido para uma análise mais precisa.

Devido aos parâmetros reológicos das amostras contendo carbômero, as formulações passaram por um processo de acidificação anteriormente a análise da densidade, para a interrupção da estrutura do gel. O processo consistiu na adição de 1,0 mL de HCl 1,00 mol/L a cada 200 g de álcool gel (ESTEVÃO et al., 2021).

3.3.3 Análise do pH

A análise do pH foi realizada inserindo pHmetro digital MS Tecnocon (mPA210) com eletrodo específico para álcool Digimed modelo (DMECV6) diretamente na amostra.

3.3.4 Análise da viscosidade

A medida da viscosidade foi realizada por meio do viscosímetro IKA da série ROTAVISC me-vi. O aparelho apresenta diferentes fusos, onde a escolha do fuso varia de acordo com a viscosidade da amostra, assim, as formulações realizadas nesse trabalho foram avaliadas com fuso nº 7. As amostras de quitosana UFPR e Sigma foram analisadas na velocidade de rotação de 20 rpm enquanto o carbômero e o biopolímero à base de celulose em 15 rpm. Sendo, a velocidade de rotação decidida com base em testes preliminares. Anteriormente à realização das análises, as amostras foram preservadas em banho termostatizado (Tecnal - 2005) na temperatura de 25 °C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FORMULAÇÕES DE ÁLCOOL GEL PREPARADAS A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS

A RDC 422 de 16 setembro de 2020 define a quantidade mínima de álcool nos sanitizantes de 68,25% (m/m), sendo a concentração alcoólica de 70% indicada para a desnaturação de proteínas, conferindo uma maior eficácia da ação antimicrobiana da solução, o que inativa o microrganismo (BRASIL, 2020).

As formulações avaliadas neste trabalho apresentaram uma concentração alcoólica média entre 67,19 e 68,73%. O carbômero 980 obteve o menor teor alcoólico alcançado entre os experimentos, enquanto o biopolímero à base de celulose apresentou a maior concentração de álcool entre as soluções. Os resultados obtidos (TABELA 3) mostram a necessidade de ajuste no teor alcoólico, para o atendimento da normativa referente ao teor alcoólico das formulações quitosana UFPR, quitosana SIGMA e carbômero 980.

TABELA 3 – AVALIAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS

Polímero (0,5%)	Réplicas	Temperatura (°C)	Teor alcoólico medido (°GL)	Teor alcoólico corrigido (°INPM)	Média	Desvio Padrão
Quitosana UFPR	1	25,1	75	66,24	68,24	1,76
	2	25,3	76	67,05		
	3	25,4	77	67,79		
	4	23,9	77,5	69,88		
	5	24,4	78	70,25		
Quitosana SIGMA	1	23,8	77,5	69,57	67,53	1,87
	2	23,1	75	67,95		
	3	23,5	75	67,00		
	4	23,9	73	64,63		
	5	24,0	76	68,5		
Carbômero 980	1	24,5	76	67,15	67,19	0,52
	2	24,0	75	66,74		
	3	24,0	76	67,72		
	4	24,6	75	66,63		
	5	24,0	76	67,72		
Biopolímero à base de celulose*	1	21,5	75	67,92	68,73	0,99
	2	21,6	76	68,44		
	3	21,3	77	69,84		

FONTE: A autora (2023)

NOTA: * Experimentos realizados em triplicata devido à disponibilidade de material.

A aferição da temperatura (TABELA 3) é importante para determinação do teor alcoólico das amostras. Sendo o cálculo do INPM realizado para a obtenção da quantidade em massa de álcool na formulação. Os valores médios obtidos de

temperatura apresentaram-se na faixa entre 21,3 e 25,3 °C, sendo que as amostras do biopolímero de celulose mostraram o valor mínimo enquanto a quitosana UFPR exibe o resultado máximo.

A densidade é considerada uma grandeza intensiva, isto significa que a medida não é influenciada pela quantidade de matéria, uma vez que substâncias homogêneas apresentam um mesmo valor de densidade em todo o recipiente que o contém. No entanto, a variação de temperatura e pressão no ambiente podem interferir na medida. Os resultados da TABELA 4 demonstram uma variação da média da densidade entre 0,871 e 0,876, além disso, os valores de desvio padrão próximos a zero demonstram a uniformidade dos dados.

TABELA 4- AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS

Polímero (0,5%)	Réplicas	Densidade(g/cm ³)	Média	Desvio Padrão
Quitosana UFPR	1	0,879	0,874	0,008
	2	0,879		
	3	0,880		
	4	0,865		
	5	0,865		
Quitosana SIGMA	1	0,870	0,871	0,007
	2	0,865		
	3	0,875		
	4	0,880		
	5	0,865		
Carbômero 980	1	0,880	0,876	0,002
	2	0,876		
	3	0,875		
	4	0,875		
	5	0,875		
Biopolímero à base de celulose*	1	0,870	0,872	0,003
	2	0,875		
	3	0,870		

FONTE: A autora (2023).

NOTA: * Experimentos realizados em triplicata devido à disponibilidade de material.

Segundo a ANVISA (2012), soluções ideais de álcool gel devem apresentar pH entre 5 e 7, devido à superfície da mão apresentar um pH levemente ácido entre 4,6 e 5,8 (LEONARDI; GASPAR; CAMPOS, 2002). As soluções alcalinas não são indicadas, pois os valores de pH superiores a 8 costumam resultar no ressecamento das mãos. A maioria dos valores de pH encontrados nas formulações de álcool gel deste estudo (TABELA 5) apresentam-se dentro da faixa considerada ideal. As formulações de álcool gel com quitosana UFPR, SIGMA e biopolímero à base de celulose apresentaram resultados de pH na faixa entre 5,07 e 5,42. Entretanto, os testes com o polímero carbômero não apresentam os resultados dentro da faixa recomendada, com pH médio abaixo de 5,0, assim, como forma de correção pode ser aplicado trietanolamina como agente alcalinizante. Devido a normatização não apresentar algarismos decimais, os resultados alcançados com carbômero 980 podem ser considerados dentro do padrão aceitável. De acordo com Berardi et al. (2022), as soluções contendo carbômero 980 necessitam da neutralização da mistura para que seja atingida a viscosidade máxima do meio, sendo recomendado valores de pH entre 5 e 9.

TABELA 5- AVALIAÇÃO DO pH DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS

Polímero (0,5%)	Réplicas	pH	Média	Desvio Padrão
Quitosana UFPR	1	5,14	5,11	0,05
	2	5,07		
	3	5,15		
	4	5,05		
	5	5,15		
Quitosana SIGMA	1	5,12	5,07	0,05
	2	5,12		
	3	5,00		
	4	5,08		
	5	5,04		
Carbômero 980	1	4,66	4,88	0,22
	2	4,73		
	3	5,19		
	4	5,02		
	5	4,80		
Biopolímero à base de celulose*	1	5,55	5,42	0,11
	2	5,35		
	5	5,36		

FONTE: A autora (2023).

NOTA: * Experimentos realizados em triplicata devido à disponibilidade de material.

O polímero utilizado nas formulações interfere diretamente na viscosidade das amostras, sendo a viscosidade um parâmetro relacionado com a capacidade de escoamento da solução. Conseqüentemente, os experimentos mostraram uma grande variação da viscosidade (TABELA 6) segundo o agente gelificante empregado. A formulação de quitosana UFPR (0,5%) apresentou o menor valor de viscosidade com uma média de 147,60 cP, enquanto a quitosana SIGMA (0,5%) mostrou uma viscosidade média de 564,80 cP, sendo o resultado com maior aproximação ao carbômero (2012,80 cP). Os valores de viscosidade média da quitosana UFPR e do biopolímero de celulose exibiram resultados próximos, sendo o biopolímero à base de celulose com um valor superior (232,67 cP). Os valores encontrados com as

formulações contendo celulose apresentaram resultados dentro do esperado segundo Bernardi et al. (2020). O autor estudou a produção de álcool gel utilizando o agente espessante hidroxipropilcelulose (2%), o qual apresentou uma viscosidade de 500 cP, o espessante tem como característica uma maior viscosidade em soluções hidroalcoólicas (BERNARDI et al., 2020). Em contrapartida, Freitas et al., (2021) avaliou a produção de álcool gel empregando hidroxietilcelulose (HEC) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) a 1% nas formulações, e os resultados mostraram uma viscosidade superior a 900 cP (FREITAS et al., 2021).

TABELA 6- AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DO ÁLCOOL GEL PRODUZIDO A PARTIR DE DIFERENTES POLÍMEROS

Polímero (0,5%)	Réplicas	Viscosidade(cP)	Média	Desvio Padrão
Quitosana UFPR	1	258	147,60	88,93
	2	186		
	3	182		
	4	54		
	5	58		
Quitosana SIGMA	1	342	564,80	126,73
	2	652		
	3	600		
	4	634		
	5	596		
Carbômero 980	1	1525	2012,80	530,61
	2	1502		
	3	2621		
	4	2509		
	5	1907		
Biopolímero à base de celulose*	1	232	232,67	15,01
	2	248		
	3	218		

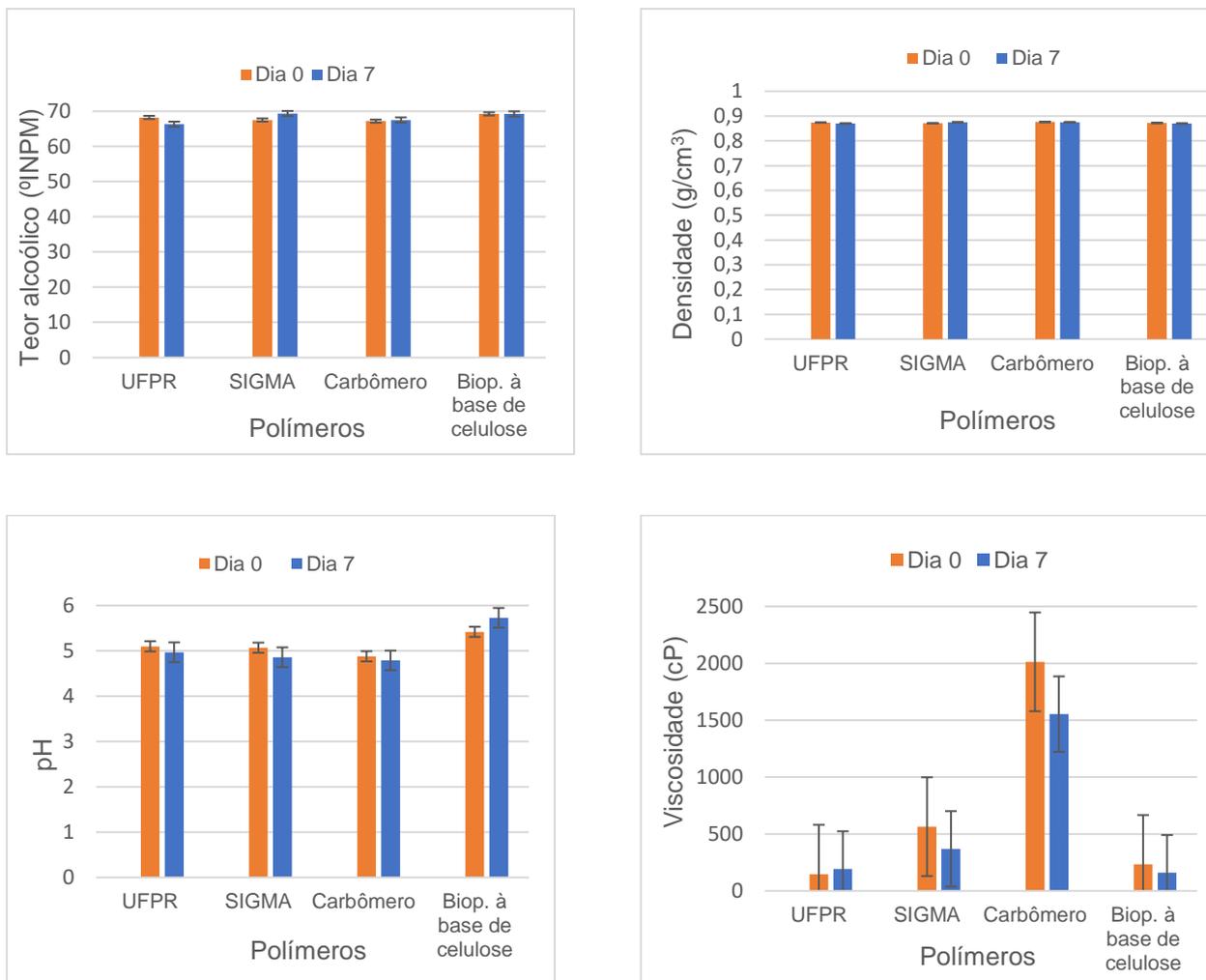
FONTE: A autora (2023).

NOTA: * Experimentos realizados em triplicata devido à disponibilidade de material.

A avaliação da estabilidade das formulações (FIGURA 5) foi realizada após

7 dias de produção. Os resultados mostraram uma pequena alteração da densidade e do pH nas formulações após esse período de produção. A mudança da densidade pode ser influenciada pela temperatura do meio, enquanto a alteração do pH pode ocorrer devido a reações químicas. A variação desses valores de pH é considerada aceitável uma vez que estejam dentro da faixa ideal (5 a 7). Além disso, as análises do teor alcoólico da formulação com celulose não demonstraram alteração de concentração, enquanto a quitosana UFPR obteve uma diminuição creditada ao processo de evaporação, provavelmente devido a vedação do frasco. Por outro lado, a quitosana Sigma e o carbômero 980 apresentaram um aumento na concentração de álcool. A viscosidade das soluções analisadas contendo quitosana SIGMA, carbômero e biopolímero à base de celulose exibiram queda em seus valores, enquanto a quitosana UFPR apresentou um aumento da viscosidade. O carbômero teve a maior modificação nos valores com uma diminuição absoluta de 458,80 cP.

FIGURA 5 - COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AVALIADOS APÓS A PRODUÇÃO E DEPOIS DE SETE DIAS.



FONTE: A autora (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na produção de álcool gel se mostraram satisfatórios, uma vez que os parâmetros analisados empregando os biopolímeros alternativos, exibiram resultados semelhantes aos obtidos com o carbômero 980, o qual é considerado referência. Dentre as formulações contendo biopolímeros, a quitosana SIGMA demonstrou uma maior viscosidade, apresentando assim, resultados mais próximos ao carbômero. Em relação a estabilidade após 7 dias de produção as formulações apresentaram-se relativamente estáveis. Dessa forma, a utilização de biopolímeros para a produção de álcool gel é uma alternativa eficaz e renovável, uma vez que a quitosana e a celulose são biodegradáveis. Além disso, o fato da quitosana ser proveniente de um resíduo da carcinicultura, a torna econômica e ambientalmente atrativa.

REFERÊNCIAS

ALVES, H.J. et al. Alternative methods for the pilot-scale production and characterization of chitosan nanoparticles. **Environ Sci Pollut Res**, v. 28, p.10977–10987, 2021. Disponível em:<<https://doi.org/10.1007/s11356-020-11343-5>>. Acesso em: 18 jan. 2023.

ALMEIDA, A.C.O. de; FURTADO, I.F.S.P.C. **Avaliação de materiais oriundos da agroindústria como meio de cultivo visando à obtenção de celulose bacteriana**. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2020.

AMORIM, J.D.P. de. **Obtenção de celulose bacteriana aditivada com extrato de própolis para aplicação em cosméticos**. 2020. 108 f. Dissertação (Mestre em Ciência dos Materiais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira**, 2.ed., Brasília: Anvisa, 2012.

AZEVEDO, V. V. C. et al. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.2, n.3, p. 27-34, 2007. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BERARDI, A. et al. Hand sanitisers amid CoViD-19: A critical review of alcohol-based products on the market and formulation approaches to respond to increasing demand. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 584, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119431>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BERARDI, A. et al. Factors affecting the rheological behaviour of carbomer dispersions in hydroalcoholic medium: Towards the optimization of hand sanitiser gel formulations. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 616, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.121503>>. Acesso em: 19 jan.2023.

BESSA-JUNIOR, A.P; GONÇALVES, A.A. Análises econômica e produtiva da quitosana extraída do exoesqueleto de camarão. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v.1, p. 13-28, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2312/Actafish.2013.1.1.13-28>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BRITO, G.F. et al. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6, n.2 , p. 127–139, 2011. Disponível em:<<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/222/204>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BRASIL. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 422, de 16 de setembro de 2020**. Altera a Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 350, de 19 de março de 2020, que define os critérios e os procedimentos extraordinários e temporários para a fabricação e comercialização de preparações antissépticas ou desinfetantes sem prévia autorização da Anvisa e dá outras providências, em virtude da emergência de

saúde pública internacional relacionada ao SARS-CoV-2. Diário Oficial da União. Brasília, DF, n. 179, 22 nov. Seção 1, p. 133. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-422-de-16-de-setembro-de-2020-277906952>>. Acesso em: 06 dez. 2022.

CAMPANA-FILHO, S. P. et al. Extração, estruturas e propriedades de α - e β -quitina. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300026>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

CANDIDO, R. G. **Produção de membranas a partir do bagaço de cana-de-açúcar e sua utilização na detoxificação do hidrolisado hemicelulósico**. 2015. 226 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Engenharia Química de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

CANDIDO, R. G. **Utilização da celulose de resíduos lignocelulósicos para obtenção de produtos de alto valor agregado**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2011

CARVALHO, A.F. de. **Abordagem do ensino de química orgânica por meio de uma sequência didática: polímeros sintéticos**. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, 2022.

CARVALHO, G.B. Aplicação de quitosana para controle microbiológico em queijo colonial artesanal. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

CECHINEL, R. B. **A utilização do álcool no processo de higienização das mãos**. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Enfermagem) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CHAGAS, J. S. **Estudo cinético do processo de extração sonoquímica de nanocristais de celulose em duas etapas a partir da celulose microcristalina (MCC)**. 2022. 99 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

COSTA, D. M. V. da. **Produção de álcool em gel para queima a partir do espessante hidroxetil-metil celulose**. 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

CRUZ, C. V. M. B. **Alternativas ao carbopol 940 na fabricação de álcool em gel**. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

DHAMA, K. et al. The role of disinfectants and sanitizers during COVID-19 pandemic: advantages and deleterious effects on humans and the environment. **Environ Sci Pollut Res**, v. 28, p. 34211–34228, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-021-14429-w>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

DIAS, K. B. et al. Quitina e quitosana: Características, utilizações e perspectivas atuais de produção. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n.3, p. 184-191, 2013.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **A indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo**, 2021.

ESTEVIÃO, P.L.S. et al. Alcoholmeter as a Simple and Accessible Way for Ethanol Determination in Alcohol-Based Hand Sanitizers. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 6, p. 1239-1248, 2021.

FARIAS, S. S. de. et al. Biopolímeros: Uma alternativa para promoção do desenvolvimento sustentável. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 5, v.7, n.26, p. 61-77, 2016.

FELICISSIMO, J. M. et al. Álcool em gel oficial: padronização de uma formulação alternativa em uma Farmácia Universitária de Juiz de Fora, MG. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**, v. 2, n. 3, p.1-10, 2020.

FELIPE, L. O. et al. Quitosana: da Química Básica à Bioengenharia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 39, n.4, p. 312-320, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160089>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

FERREIRA, G. M. **Produção e caracterização de membranas de acetato de celulose híbridas**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) - Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2022.

FREITAS, R. A. de. et al. **Biopolímeros derivados de celulose - Álcool em gel**. Universidade Federal do Paraná, Laboratório de biopolímeros, Curitiba, 2021.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation, Roma, 2022.

HORN, M. M. **Obtenção e caracterização de hidrogéis de quitosana, xantana, e colágeno aniônico**. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos- SP, 2008.

JANEGITZ, B. C. et al. Desenvolvimento de um método empregando quitosana para remoção de íons metálicos. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 879-884, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000400022>>. Acesso em: 18 mar.2022.

JIANG, X. et al. Biopolymer-based flocculants: a review of recent technologies. **Environ Sci Pollut Res**, v. 28, p. 46934–46963, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-021-15299-y>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

JUSTINO, H. F .M. et al. Principais biopolímeros derivados de subprodutos alimentares: uma breve revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**,

Vol. 08 N. 07, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss7pp14711-01e>>. Acesso em: 5 dez. 2022.

KRAMER, R. K. **Modificação superficial de fibras e microfibrilas de celulose em suspensão aquosa via automontagem com polissacarídeos iônicos e por meio da enxertia de grupos furânicos**. 2019. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

LARANJEIRA, M. C. M; FÁVERE, V. T. de. Quitosana: biopolímero funcional com potencial industrial biomédico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p.672-678, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300011>>. Acesso em: 16 nov .2022.

LEONARDI, G.R; GASPAR, L.R; CAMPOS, P.M.B.G.M. Estudo da variação do pH da pele humana exposta à formulação cosmética acrescida ou não das vitaminas A, E ou de ceramida, por metodologia não invasiva. **An bras Dermatol**, v. 77, n.5, p. 563-569, 2002.

LIMA, R. S. C. **Desenvolvimento de sistemas de liberação controlada de fármacos: quitosana/insulina**. 2010. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

MOTTA, V. **Bioquímica** . MedBook Editora, 2. ed, 2011.

NASCIMENTO, R. F. do. **Efeito da hidroxipropilmetilcelulose em argamassas leves térmicas à base de vermiculita expandida**. 2021. 87 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

NORO, R. **Avaliação da capacidade espessante do biopolímero quitosana na produção de álcool gel**. 2021. 61 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidad

PEREIRA, N. R. L.; ANJOS, F. E.; MAGNANO, R. F. Resíduos Lignocelulósicos da Bananicultura: Uma Revisão Sobre os Processos Químicos de Extração da Celulose. **Rev. Virtual Quim**, v.11, n.4, p. 1165-1179, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190080>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PERINELLI, D. R. et al. Rheological properties of cellulosic thickeners in hydro-alcoholic media: The science behind the formulation of hand sanitizer gels. **International Journal of Pharmaceutics**, V. 604, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120769>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PRIMO, J. O. **Estudo Visando à Obtenção de Nanopartículas e Géis de Quitosana para Liberação Controlada de Substâncias Bioativas**. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

RODRIGUES, M. A. V. **Biomateriais de quitosana/gelatina com resina de jatobá: influência do grau de acetilação da quitosana e da inclusão da resina.** 2016. 87 f. Dissertação (Mestre em ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SANTOS, E. M. da S. **Modificação e caracterização da quitosana para uso como suporte em processos biotecnológicos.** 2009. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2009.

SANTOS, V. S. dos. "O que é celulose?"; **Brasil Escola.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-celulose.htm>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2023.

SEQUINEL, R. et al. Soluções à base de álcool para higienização das mãos e superfícies na prevenção da COVID-19: compêndio informativo sob o ponto de vista da química envolvida. **Química Nova**, São Paulo, v. 43 , n. 5, p. 679-684, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170553>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

SIGMA-ALDRICH. Chitosan: medium molecular weight. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/aldrich/448877?context=product>>. Acesso em: 11 dez. 2023.

SOUZA, D.T. de.; CARVALHO, L. A.; VALADARES, L..F. **Celulose: pontos de vista.** Embrapa Agroenergia, Brasília, 2015.

SOUZA, T. A . D. de. **Hidrogel de quitosana em diferentes graus de desacetilação na cicatrização de feridas cutâneas de ratas diabéticas.** 2016. 97 f. Tese (Doutorado Ciência Animal) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

TAMURA, C. S. **Biomateriais obtidos a partir da biomassa: uma revisão sobre a celulose e a glicose como matérias primas para materiais poliméricos.** 40 f. Monografia (Tecnóloga de Materiais) - Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2020.

TROVATTI, E. et al. Biopolímeros: aplicações farmacêutica e biomédica. **Eclética Química**, vol. 41, p. 1-31, 2016.

VIEIRA, J. G. **Produção da metilcelulose a partir da celulose do bagaço de cana-de-açúcar usando dois agentes metilantes: sulfato de dimetila e iodometano, para aplicação como aditivo na formulação de argamassas.** 2012. 98 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.