

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL
ENGENHARIA TÊXTIL**

LUANA DUMAS COUTINHO

**TECIDO DE ALGODÃO FUNCIONALIZADO COM NANOPARTÍCULAS
DE PRATA VISANDO PRODUÇÃO DE MATERIAL BACTERICIDA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

APUCARANA

2018

LUANA DUMAS COUTINHO

**TECIDO DE ALGODÃO FUNCIONALIZADO COM NANOPARTÍCULAS
DE PRATA VISANDO PRODUÇÃO DE MATERIAL BACTERICIDA**

Proposta de trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de engenheiro têxtil, da coordenação de curso de Engenharia Têxtil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Johny Paulo Monteiro.

APUCARANA

2018

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

**TECIDO DE ALGODÃO FUNCIONALIZADO COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA
VISANDO PRODUÇÃO DE MATERIAL BACTERICIDA**

Por

LUANA DUMAS COUTINHO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos vinte dias do mês de junho do ano de dois mil e dezoito, às dezessete horas, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

PROFESSOR(A) JOHNY PAULO MONTEIRO – ORIENTADOR

PROFESSOR (A) SANDRO AURÉLIO DE SOUZA VENETE – EXAMINADOR (A)

PROFESSOR(A) DAYANE SAMARA DE CARVALHO – EXAMINADOR(A)

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à Deus e ao meu marido Ubiratan, que esteve ao meu lado todos os estes anos me amando, cuidando e apoiando. Dedico também aos meus pais Nilson (*in memorian*) e Fatima, e aos meus sogros Ubiratan e Leonésia que me apoiaram. E também à minha família, amigos, professores e todos que fizeram parte dessa etapa em minha vida.

RESUMO

COUTINHO, Luana Dumas. **Tecido de algodão funcionalizado com nanopartículas de prata visando produção de material bactericida**. 2018. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso do curso Bacharelado em Engenharia Têxtil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2018.

Tecidos inteligentes estão sendo muito estudados devido ao fato de serem sensíveis aos estímulos térmicos, químicos, mecânicos, magnéticos, elétricos, dentre outros. Tais propriedades dão aos tecidos a possibilidade de serem empregados em aplicações específicas. O presente trabalho apresenta um estudo sobre a funcionalização de tecido de algodão com nanopartículas de prata afim de obter propriedades bactericidas. O tecido foi recoberto com filme de carragena e nanopartículas de prata (AgNPs), as quais foram sintetizadas na solução de carragena com intuito de explorar sua propriedade bactericida. Análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva (EED) foram realizadas para caracterizar os materiais produzidos. A avaliação do percentual de inibição do crescimento bacteriano nas amostras foi realizada pelo procedimento de inoculação de bactérias *Escherichia coli* (EC) e *Staphylococcus aureus* (SA) inserindo as amostras de cada uma das concentrações e metodologias utilizadas e avaliado por meio de análise de espectrofotometria no ultravioleta visível (UV-Vis). O material obtido apresentou potencial para produção de materiais com aplicação médica tais como ataduras e curativos (bandagens) para promover cicatrização.

Palavras-chave: Tecido bactericida. Carragena. Nanopartícula de prata.

ABSTRACT

COUTINHO, Luana Dumas. **Functionalized cotton fabric with silver nanoparticles for the production of bactericidal material**. 2018. 56p. Final paper of course Bachelor of Textile Engineering - Federal Technological University of Paraná. Apucarana, 2018.

Smart fabrics are being studied a lot because they are sensitive to thermal, chemical, mechanical, magnetic, and electrical stimuli, among others. Such properties give the fabrics the possibility of being employed in specific applications. The current work presents a study on the functionalization of cotton fabrics with silver nanoparticles in order to obtain bactericidal properties. The fabric was covered with carrageenan film and silver nanoparticles (AgNPs), which were synthesized in the carrageenan solution in order to explore its bactericidal properties. Scanning electron microscopy (MEV) and dispersive energy spectroscopy (EED) analyzes were performed to characterize the materials produced. The percentage of inhibition of bacterial growth in the samples was determined by the inoculation procedure of *Escherichia coli* (EC) and *Staphylococcus aureus* (SA) bacteria by inserting the samples of each of the concentrations and methodologies used and evaluated by means of spectrophotometric analysis (UV-Vis). The obtained material presented potential for the production of materials with medical application such as bandages and bandages to promote healing.

Keywords: Bactericidal fabrics. Carrageenan. Silver nanoparticles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de classificação das fibras de acordo com a origem.....	16
Figura 2 – Monômero da estrutura da cadeia de celulose.....	17
Figura 3 – Representação das ligações de hidrogênio na estrutura da celulose.....	18
Figura 4 – Representação da constituição química das fibras de algodão com regiões cristalinas e amorfas.....	19
Figura 5 – Aplicações de nanotecnologia.....	21
Figura 6 – Esquema do efeito de ressonância de plasmon de superfície localizada (LSPR).....	23
Figura 7 – Estrutura molecular da κ (kappa)-carragena.....	26
Figura 8 – Diagrama esquemático comparando os mecanismos de polimerização (C: custo; V: variáveis; M: morfologia; T: tempo de reação; P: pureza; E: escalabilidade).....	28
Figura 9 – Síntese de AgNPs em tecido de algodão. A e B) Tecido (TAg67) em processo de síntese. C) Tecido após síntese (TAg67).	35
Figura 10 - Imagens fotográficas de amostras de tecidos de algodão cru e cobertos com AgNPs: A) Tecido Branco (TB), B) Tecido com 0,67% [m/v] AgNO ₃ (TAg67) e C) Tecido com 0,17% [m/v] AgNO ₃ (TAg17).....	36
Figura 11 – Precipitação de NaCl na solução, indicando residual de prata.....	36
Figura 10 - Imagens fotográficas de tecidos de algodão cobertos com filme de carragena preparado a partir de solução A) 0,5 % (amostra C05) e B) 1,0 % (amostra C1).....	36
Figura 12 - Imagens fotográficas de tecidos de algodão cobertos com filme de carragena preparado a partir de solução A) 0,5 % (C05) e B) 1,0 % (C1).	
Figura 13 – Imagens fotográficas das amostras de tecido de algodão recobertas com composto carragena/AgNPs. A): 1) C05, 2) C05Ag17, 3) C05Ag67, 4) C1, 5) C1Ag17 e 6) C1Ag67. B): 1) TAg17 e 2) TAg67.....	38
Figura 14 – Imagens fotográficas das amostras: A) C1Ag67 e B) TAg67.....	40

Figura 15 – Espectro EED das amostras de tecido coberto com carragena, produzidas a partir de solução do polissacarídeo com concentrações de a) 0,5 % (amostra C05) e B) 1% (amostra C1).....	41
Figura 16 – Espectro de EED para as amostras de tecido recoberto com compósito de filme carragena(0,5%)/AgNPs: A) C05Ag17 e B) C05Ag67.....	41
Figura 17 – Imagem de MEV para as amostras A) TB e B) C05.....	42
Figura 18 – Imagens de MEV para amostra C05Ag67 em diferentes ampliações....	43
Figura 19 – Imagens de MEV para amostra C1Ag67 em diferentes ampliações.....	42
Figura 20 – Percentual de inibição de bactérias E. Coli e S. Aureus no tecido recoberto com AgNPs (sem carragena).....	45
Figura 21 – Percentual de inibição de bactérias S. Aureus nas amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs (<i>in natura</i> e liofilizada).....	46
Figura 22 – Percentual de inibição de bactérias E. Coli e S. Aureus no tecido sem carragena.....	47
Figura 23 – Cronograma.....	56

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Concentração de nitrato de prata nas amostras.....	31
Tabela 2 - Concentração de carragena nas amostras.....	32
Tabela 3 - Concentração de carragena e nitrato de prata nas amostras.....	33
Tabela 4 - Dados de absorvância média para as amostras de tecido recobertas com AgNPs (sem carragena) obtidos do teste bactericida contra <i>E. Coli</i> e <i>S. Aureus</i>	57
Tabela 5 - Dados de absorvância média para as amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs obtidos do teste bactericida contra <i>S. aureus</i>	57
Tabela 6 - Dados de absorvância média para as amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs obtidos do teste bactericida contra <i>E. Coli</i>	57

LISTA DE ABREVIATURAS

3D	Tridimensional
AgNPs	Nanopartículas de prata
DNA	Ácido desoxirribonucleico
LSPR	Ressonância de plasmon de superfície localizada
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
NPs	Nanopartículas
P.A.	Pureza absoluta
EED	Espectroscopia de energia dispersiva
UV-Vis	Espectrofotometria ultravioleta visível
EC	Escherichia coli
SA	Staphylococcus aureus
UV	Ultra Violeta
CO	Algodão
Ag+	Íons de prata

LISTA DE SIGLAS

COMCAP	Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa
UEM	Universidade Estadual de Maringá

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos.....	14
1.1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
1.2	Justificativa.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	Fibras têxteis.....	16
2.2	Algodão.....	17
2.3	Têxteis inteligentes.....	19
2.4	Nanopartículas metálicas.....	22
2.4.1	Nanopartículas de prata (AgNPs)	23
2.5	Hidrogel.....	24
2.5.1	Carragena.....	25
2.6	Tecidos bactericidas.....	27
2.7	Compósitos.....	27
3	METODOLOGIA.....	30
3.1	Materiais.....	30
3.2	Métodos.....	30
3.2.1	Síntese de nanopartículas de prata (AgNPs) em tecido de algodão.....	30
3.2.2	Formação de filme de carragena na superfície do tecido de algodão.....	31
3.2.3	Síntese do filme de carragena com AgNPs sobre tecido de algodão.....	32
3.2.4	Caracterização do filme de carragena por EED e MEV	33
3.2.5	Teste da ação bactericida do tecido.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1	Síntese de nanopartículas de prata (AgNPs) diretamente em tecido de algodão.....	35
4.2	Síntese do filme de carragena sobre tecido de algodão.....	37
4.3	Obtenção do compósito de filme de carragena/AgNPs sobre tecido de algodão.....	38
4.4	Caracterização do compósito por EED e MEV.....	39
4.5	Teste da ação bactericida do tecido.....	44
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

APÊNDICES.....	52
APÊNDICE A – Declaração de autoria.....	53
APÊNDICE B - Termo de autorização para publicação de trabalhos de conclusão de curso de graduação e especialização, dissertações e teses no portal de informações e nos catálogos eletrônicos do sistema de bibliotecas da UTFPR.....	54
APÊNDICE C – Cronograma.....	55
APÊNDICE D – Dados de absorvência média para as amostras de tecido	56

1 INTRODUÇÃO

As fibras têxteis são usadas há milhares de anos pelas civilizações para a confecção de vestimentas e produtos utilizados em diversas áreas. Elas podem ser obtidas de forma natural ou por meio da produção industrial têxtil, sendo classificadas como naturais ou química (ARAÚJO, 1986).

Atualmente, em busca de aumentar a competitividade no ramo têxtil, várias pesquisas são desenvolvidas em busca de tecidos inteligentes, os quais possuem capacidade de responder a estímulos térmicos, químicos, mecânicos, elétricos, dentre outros (TAO, 2001). Os processos de acabamentos têxteis proporcionam aos tecidos novas funções e propriedades, tais como hidrofiliidade, hidrofobicidade, antimicrobiana, anti-radiação ultravioleta (UV), permeabilidade seletiva, autolimpante, dentre diversas outras funções (FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Como os têxteis convencionais, tanto naturais quanto químicos, não possuem resistência aos fungos, bactérias e micróbios, a sua funcionalização com propriedades bactericidas, antimicrobianas e fungicidas, são de grande interesse. Visando maior durabilidade aos tecidos, bem como aplicações diversas no campo de têxteis médicos, produtos de alta performance e produtos esportivos, conforme relatado na literatura (YETISEN, 2016).

Para o desenvolvimento destas novas tecnologias, podem ser empregadas fibras de alta tecnologia ou fibras inteligentes, mas também existem novas técnicas de funcionalização de substratos têxteis de modo a transformá-los em materiais inteligentes (SÁNCHEZ, 2006). As funções especiais que estes materiais apresentam podem ser intrínsecas da fibra e se deve ao arranjo molecular, ou também pela extrusão do polímero juntamente com aditivo que promove a funcionalização (GACÉN, 2003).

Segundo Souza (2016), exemplos de funcionalizações podem ser observados em fibras multicomponentes, fibras ocas, nano ativação de fibras não naturais por meio da inclusão de materiais de mudança de fase (*phase change materials*) ou materiais de memória de forma (*shape memory alloys*). As fibras condutoras de eletricidade, de elevada resistência e tenacidade, além da incorporação de nanopátículas metálicas ou cerâmicas, são importantes áreas de estudo voltados para tecnologia têxtil.

A nanotecnologia tem muitas aplicações em têxteis e as nanopartículas de prata (AgNPs) possuem propriedades bactericidas, antifúngicas e antimicrobianas aplicadas em diversas áreas. AgNPs podem ser aplicadas em têxteis visando funcionalização dos tecidos, por meio da liberação de íons prata, para evitar diversos problemas, tais como, manchas, mau odor, proliferação de fungos e bactérias em ambientes domésticos e hospitalares (SÁNCHEZ, 2006).

A incorporação das nanopartículas (NPs) nos têxteis podem se dar por diversas formas, como por exemplo, por meio da produção de um material compósito a partir de hidrogéis carregados com nanopartículas na superfície de tecidos de forma a garantir propriedades bactericidas ao substrato têxtil. Por meio do contato deste com a umidade, ou meio com bactérias, ocorre o intumescimento e o relaxamento das cadeias do hidrogel, possibilitando a oxidação das AgNPs com subsequente liberação de íons de prata ao ambiente externo, exercendo assim, a função bactericida (YETISEN, 2016).

Deste modo, o presente trabalho pretende desenvolver um tecido de algodão que será usado como suporte para produção de um compósito de filme de hidrogel de carragena e AgNPs visando a funcionalização do substrato com propriedade bactericida.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Funcionalização de tecido de algodão (CO) com filme de carragena e AgNPs para aplicação como substrato têxtil bactericida.

1.1.2 Objetivos específicos

- Sintetizar nanopartículas de prata (AgNPs) em tecido de algodão;
- Formar filme de carragena sobre tecido de algodão com síntese de AgNPs;
- Caracterizar o compósito por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectrofotometria energia dispersiva (EED);
- Testar propriedades bactericidas do compósito fibroso.

1.2 Justificativa

Desde a pré-história que peças de vestuário são empregadas pelo homem visando principalmente proteção do corpo humano. Tal utilidade, inclusive, perdura até os dias atuais. Contudo, tendo em vista a celeridade com a qual a vida humana num geral, se aperfeiçoa, busca-se a todo custo otimizar, por mais simples que seja, a utilização de seu conhecimento em prol do meio ambiente e da criação de novas tecnologias.

Partindo desta ideia vislumbrou-se aqui a possibilidade de se obter um mecanismo eficiente que proporcione às peças de vestuário meios hábeis para impedir a proliferação de bactérias. Tal mecanismo possui inúmeras aplicações em têxteis, sendo possível exemplificar algumas delas tais como, na confecção de vestuário e roupas de cama para hospitais, dentre outras aplicações voltadas para medicina. Existe ainda a possibilidade de sua utilização nas roupas de alto desempenho, equipamentos de segurança para esportes, para decoração, dentre outras infindáveis aplicações.

Desse modo, visando a produção de um substrato têxtil com propriedade bactericida, busca-se por meio deste trabalho obter um tecido de algodão com filme de carragena. A matriz polimérica será utilizada como suporte para aprisionamento de AgNPs sobre o tecido. Vale ressaltar que AgNPs tem característica bactericida amplamente reportada na literatura (YETISEN, 2016), (SOUZA, 2016) e a sua presença no tecido dará essa funcionalidade ao substrato têxtil.

Há alguns estudos sobre as metodologias empregadas em algumas das etapas individuais propostas, porém nenhuma englobando a obtenção do compósito hidrogel carragena/AgNPs vislumbrando recobrimento de tecido para incorporação de propriedades bactericidas. Se um substrato têxtil com tais características for desenvolvido, será possível o seu emprego em diversos tipos de produtos com propriedade bactericida tal como a obtenção de peças funcionais, como ataduras, para a aplicação na medicina.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

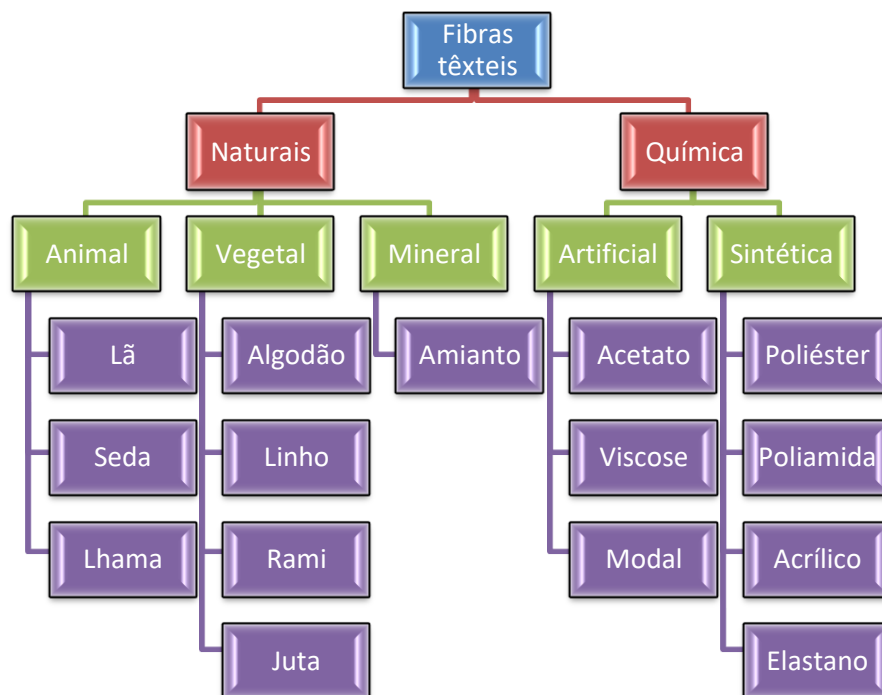
2.1 Fibras têxteis

As fibras têxteis são definidas por Araújo (1986, p.1) como “elementos filiformes caracterizados pela flexibilidade, finura e grande comprimento em relação à dimensão transversal máxima, sendo aptas para aplicações têxteis”.

Sua utilização como matéria-prima para produção de tecidos é conhecida há milênios, tendo início com as fibras de origem animal e vegetal. A evolução tecnológica possibilitou a pesquisa e desenvolvimento de novas fibras produzidas em laboratório para atender a demanda crescente de inovação em produtos no setor têxtil (PEZZOLO, 2007).

A classificação das fibras têxteis pode se dar pela continuidade de sua matéria-prima, podendo ser apresentada como fibra descontínua ou filamento contínuo e ainda pode ser dividida em fibras naturais e químicas, de acordo com sua origem (Figura 1) (SENAI, 2014).

Figura 1 – Fluxograma de classificação das fibras de acordo com a origem.



Fonte: Adaptado de SENAI (2014).

Para produzir artigos têxteis, são necessários diversos processos de transformação, desde a produção das fibras, fiação, tecelagem, malharia, acabamentos, dentre outros (ARAÚJO, 1986). A fibra é a matéria-prima principal para a produção de diversos produtos do segmento têxtil, como fios, tecidos e não tecidos (SENAI, 2014).

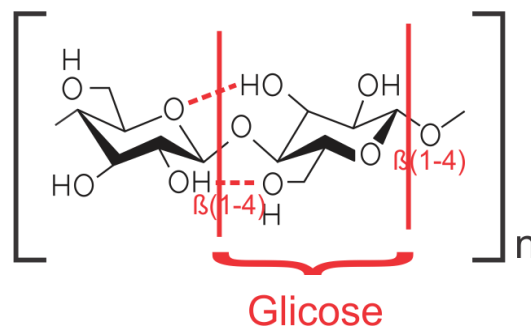
Algodão é a fibra mais utilizada em todo o mundo, sendo consumida por cerca de 75% da população mundial em diversos produtos, desde vestuário, roupas de cama, telas de pinturas, encadernação de livros, dentre diversas outras aplicações (CHANTAINGNIER, 2006). A vantagem da utilização desta fibra é, principalmente, relacionada as suas propriedades físicas de resistência e hidrofiliidade, além do conforto promovido pela maciez e respirabilidade dos produtos confeccionados com o algodão (YETISEN, 2016).

2.2 Algodão

As fibras naturais de origem vegetal são derivadas basicamente de folhas, caule ou semente de plantas (MATHER; WARDMAN, 2011) e tem em sua composição essencialmente moléculas de celulose combinada com outros elementos (ARAÚJO, 1986). As outras substâncias que constituem as fibras, além da celulose, podem ser pigmentos, resinas, gomas, gorduras e ceras, que são consideradas impurezas (SALEM, 2010).

A estrutura química do polissacarídeo de celulose em sua forma natural (Figura 2) possui arranjo molecular cristalino (FECHINE, 2013), sendo um polissacarídeo com elevado peso molecular e extensa cadeia polimérica (SALEM, 2010) obtido pela condensação de unidades de β -glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo β (1 - 4) (MOREIRA, 2009).

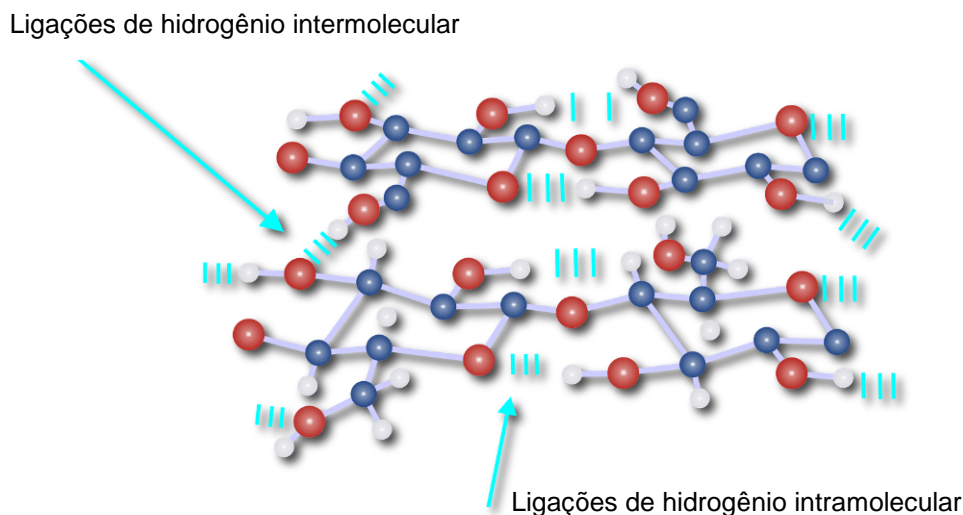
Figura 2 – Monômero da estrutura da cadeia de celulose



Fonte: Adaptado de Salem (2010).

Os grupos hidroxila (OH) da molécula de celulose fazem ligações de hidrogênio com átomos de hidrogênio e oxigênio das moléculas realizando ligações intramoleculares (ocorrem na mesma molécula) e intermoleculares (ocorrem entre as moléculas adjacentes), conforme representação da Figura 3. A rigidez da cadeia é em decorrência das fortes ligações intramoleculares, já as ligações intermoleculares ocasionam a agregação de várias moléculas, formando assim as fibrilas, que devido as ligações de hidrogênio também se agregam formando finalmente a fibra de algodão, composta por regiões amorfas e cristalinas intercaladas (MOREIRA, 2009).

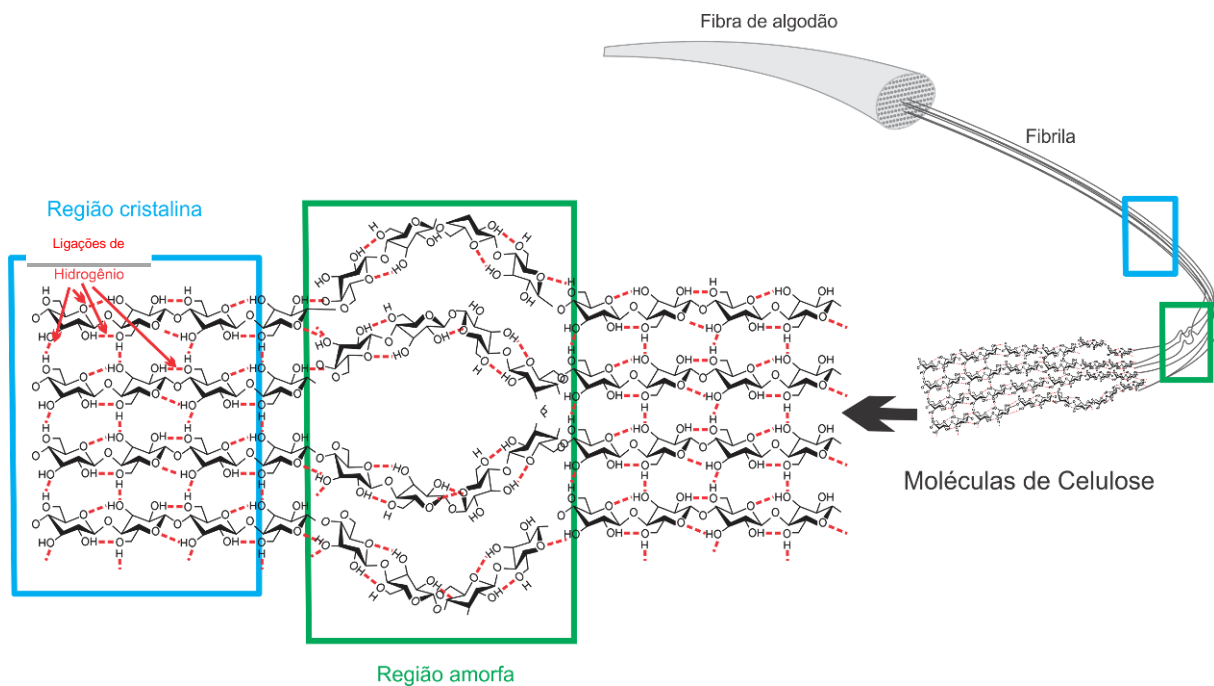
Figura 3 – Representação das ligações de hidrogênio na estrutura da celulose



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

A fibra de algodão possui em sua composição cerca de 85% de celulose (ARAÚJO, 1986) e é caracterizada pela desordem em sua estrutura molecular por possuir alternadamente regiões com elevado grau de ordenamento, chamadas cristalinas, intercaladas com regiões desordenadas denominadas amorfas (MOREIRA, 2009), sendo considerada uma celulose semicristalina. Nas regiões amorfas, existem poucas ligações de hidrogênio, desta forma a cristalinidade das moléculas é rompida, conforme representado na Figura 4 (FECHINE, 2013).

Figura 4 – Representação da constituição química das fibras de algodão com regiões cristalinas e amorfas



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

As cadeias poliméricas da fibra de algodão possuem orientação paralela ao eixo longitudinal da fibra formando uma espiral (ALCÂNTARA; DALTIM, 1995) (Figura 4) e tal característica aliada ao elevado grau de cristalinidade e orientação das moléculas, conferem estabilidade dimensional e resistência à tração às fibras.

Os grupos OH presentes nas regiões amorfas, proporcionam ligações intermoleculares fracas e são responsáveis pela hidrofiliidade das fibras, possibilitando que absorvam água até o limite de 50% do seu peso (ARAÚJO, 1986). Devido ao elevado grau de absorção, ao realizar um processo a úmido ou tingimento em tais fibras, a penetração do corante ou produto se faz pelas regiões amorfas da estrutura das fibras (SALEM, 2010).

2.3 Têxteis inteligentes

Um material tem comportamento inteligente quando recebe determinado estímulo do ambiente, por meio do qual, promove uma resposta comumente reversível, reprodutível e útil. A capacidade de alteração das propriedades

eletromagnéticas, óticas, térmicas ou mecânicas de um material de modo controlado e previsível a fim fornecer uma resposta para o meio que os cerca, define os materiais inteligentes (FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014).

O termo *smart textiles*, traduzido como têxteis inteligentes, foi originado no Japão em 1989 (FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014). Segundo Tao (2001), os materiais inteligentes respondem aos estímulos térmicos, químicos, mecânicos, magnéticos, elétricos, e também em relação às condições ambientais, de modo que podem ser classificados como:

- Materiais inteligentes passivos: são menos complexos, apenas são sensíveis às condições ambientais ou estímulos, atuando como sensores, como exemplo um material isolante, que mantém suas características, independentemente da temperatura exterior (SOUZA, 2016);

- Materiais inteligentes ativos: além de sentir, reagem às condições ou estímulos recebidos, como por exemplo tecido que retem as gotas de chuva, mas liberam o suor, sendo material transpirável com aplicações na área esportiva (SOUZA, 2016);

- Materiais muito inteligentes: podem sentir, reagir e adaptar-se em conformidade com as condições e estímulos recebidos, como por exemplo liberação controlada de aroma por meio de fricção ou aumento de temperatura.

Segundo Sánchez (2006), uma fibra inteligente tem a capacidade de reagir devido a uma variação no estímulo, que pode ser em decorrência do suor, calor, iluminação, um ferimento, dentre outros, entretanto, caso não haja um estímulo, a fibra se comporta como uma fibra normal (ALCÂNTARA; DALTIM, 1995).

O desenvolvimento de novos tipos de fibras que combinam as vantagens das fibras naturais e sintéticas, bem como exercer novas funções, tem sido desejável (YETISEN, 2016). Os processos de acabamentos têxteis, conseguem implementar novas propriedades e funções aos produtos, como hidrofiliade, hidrofobicidade, antimicrobiana, anti-radiação ultravioleta (UV), permeabilidade seletiva, autolimpante, dentre outras (FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Um dos problemas relacionados às abordagens convencionais de funcionalização em tecidos é que não proporcionam efeitos permanentes uma vez que o processo de lavagem pode diminuir gradualmente os efeitos funcionais. Por isso, a nanotecnologia pode introduzir funcionalidades e busca a fixação do acabamento no substrato têxtil. Como é difícil a fixação diretamente no material, são

utilizadas técnicas tais como radiação plasmática ou nanocompósitos para que ocorram ligações entre os nanomateriais em busca de acabamentos permanentes ou com a otimização da durabilidade conforme a aplicação (SOUZA, 2016).

Na Figura 5 são apresentadas algumas aplicações de nanotecnologia voltada aos têxteis, dentre elas destacam-se: hidrofobicidade, propriedades antibacterianas, condutividade, propriedades anti-amassamento, comportamento antiestático, propriedade contra radiação UV, etc. Com a aplicação de nanotecnologia, tais propriedades podem ser alcançadas sem afetar a respirabilidade ou textura do tecido (YETISEN, 2016).

Figura 5 – Aplicações de nanotecnologia



Fonte: Yetisen (2016).

Para o desenvolvimento dos têxteis inteligentes, devem ser avaliados os ciclos de vida e a toxicidade dos nanomateriais liberados de forma crítica, pois, produtos baseados em nanotecnologias continuarão a surgir com novas aplicações.

Contudo, fabricantes e órgãos reguladores devem assegurar que estas tecnologias não terão efeitos negativos para a saúde humana e para o planeta (YETISEN, 2016).

2.4 Nanopartículas metálicas

A nanotecnologia é uma metodologia de manipulação de materiais em nível atômico, com escala nanométrica (10^{-9} m equivale a 1 nm), em que tais materiais não excedam a medida de 100 nm, para o desenvolvimento de materiais que possuam novas propriedades (FERREIRA, H.; RANGEL, 2009).

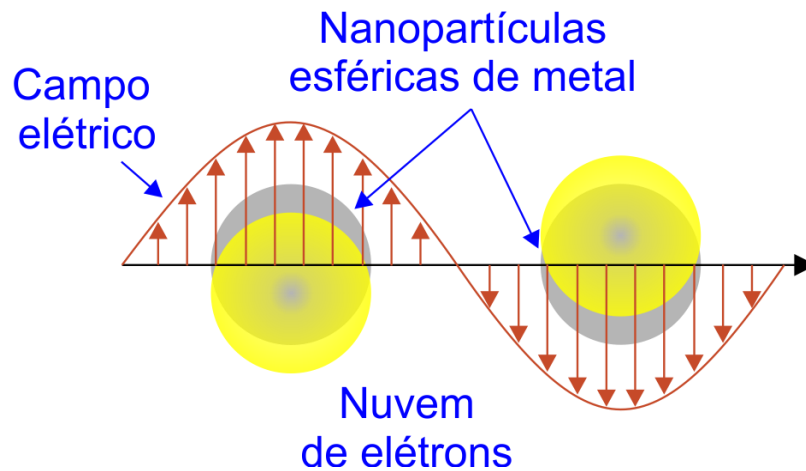
Nanopartículas (NPs) metálicas, tais como a prata (Ag), o dióxido de titânio (TiO_2) e o óxido de zinco (ZnO) podem ser utilizados para conferir propriedades antibacterianas e fungicidas para têxteis. NPs têm elevada relação entre área/volume que possibilita grande interação com a parede celular de bactérias e fungos e isso potencializa suas propriedades bactericidas (YETISEN, 2016).

O mecanismo bactericida de NPs baseia-se em reações com as proteínas dos organismos e adversamente afetam a sua função celular inibindo o crescimento celular. Elas também reduzem a respiração celular, o que limita a atividade do metabolismo basal do sistema de transferência de elétrons, e o transporte do substrato para a membrana celular (YETISEN, 2016).

A atividade bactericida das AgNPs pode ocorrer por meio de dois tipos de mecanismos, ocorre no primeiro tipo a danificação de uma ou mais organelas da bactéria, e o outro tipo a ação das AgNPs seriam voltadas para a danificação da parede celular dos organismos. Ambos os mecanismos atingem uma parte essencial para o desenvolvimento das bactérias, desta forma promovem a ação bactericida (GOMES, 2016)

Uma interessante característica que nanopartículas de metais nobres (tais como ouro e prata) é que elas exibem o efeito de ressonância de plasmon de superfície localizada (LSPR) (Figura 6) (MONTEIRO et al., 2015).

Figura 6 – Esquema do efeito de ressonância de plasmon de superfície localizada (LSPR)



Fonte: Adaptado de Yetisen (2016).

LSPR é uma oscilação coletiva de elétrons induzidas pela luz visível incidida na superfície metálica em contato com um meio dielétrico. Parte da luz incidida é aprisionada devido ao efeito LSPR e, por isso, as nanopartículas metálicas exibem uma banda de absorção na região do visível a qual, inclusive, depende da sua forma, tamanho, distância interpartículas, e do índice de refração do ambiente dielétrico (MONTEIRO et al., 2015). Assim, a banda LSPR é um importante mecanismo que pode ser usado para obter informações da morfologia, tamanho e ambiente no entorno de nanopartículas.

2.4.1 Nanopartículas de prata (AgNPs)

Segundo Yetisen (2016) as AgNPs possuem grandes áreas superficiais que aumentam o contato com as bactérias e os fungos. O mecanismo anti-séptico baseia-se na reação com as proteínas destes organismos, afetando negativamente sua função celular inibindo o crescimento celular, além de reduzir a respiração, o que limita a atividade do metabolismo do sistema de transferência de elétrons.

As AgNPs liberam gradativamente íons de prata (Ag^+) produzidos na presença de umidade, estes íons são reativos e se difundem através da parede celular da membrana para o citoplasma (PASCHOALINO, 2010). Íons Ag^+ se ligam a proteínas contendo enxofre na membrana celular e alteram as características da

parede celular. Essas mudanças estruturais resultam na liberação de componentes para o fluido extracelular, devido às alterações na pressão osmótica. Além disso, os íons Ag^+ se ligam ao fosfato contido nas proteínas que condensam o ácido desoxirribonucleico (DNA), levando a uma reação com proteínas do grupo tiol para causar a morte celular. Também suprimem a função de enzimas e inibe a célula de produzir trifosfato de adenosina (YETISEN, 2016).

As AgNPs retardam o crescimento e multiplicação de bactérias e fungos que estão envolvidos na criação de odor e coceira. A eficácia antimicrobiana dos aditivos de prata depende da concentração, da área superficial, e a taxa de liberação de íons Ag^+ (YETISEN, 2016).

A aplicação potencial de AgNPs é significativamente dependente da sua estabilidade contra agregação, pois quanto menor elas forem, maior a sua razão área/volume a qual eleva sua reatividade contra bactérias. Entretanto, quanto menor for a nanopartícula, menor será sua estabilidade oxidativa e agregacional. Sendo assim, após a síntese, as AgNPs necessitam de proteção para impedir aglomeração e também para manter controle sobre processos de oxidação. A eficácia no controle dessas características se relaciona com a toxicidade que AgNPs vão apresentar (MARTINS et al., 2015). A incorporação de AgNPs dentro de matrizes de hidrogel pode ser uma boa alternativa para manter a estabilidade do sistema nanoparticulado. Grupos presentes nas cadeias poliméricas pode impedir a aglomeração e oxidação descontrolada de pequenas AgNPs.

2.5 Hidrogel

Hidrogéis são redes hidrofílicas tridimensionais (3D) de cadeias de polímero interligadas. Estes materiais são muito absorventes e apresentam-se intumescidos ou não-intumescidos, dependendo da polaridade do meio que o hidrogel é imerso (MONTEIRO et al., 2015). O intumescimento do hidrogel ocorre devido a diversos fatores físicos em sua cadeia polimérica, como grupos hidrofílicos que estejam presentes, tais como hidroxilas, aminas, ácidos carboxílicos, ácidos sulfônicos e amidas. A elevada flexibilidade da rede polimérica e baixa densidade de reticulação auxiliam no melhor intumescimento do hidrogel (BRITO et al., 2013).

O hidrogel ao ser colocado em meio aquoso absorve uma grande quantidade de água, intumescendo por expansão da sua estrutura ou torna-se não-

intumescido quando colocado num meio hidrofóbico. O hidrogel é aplicado em sensores quando carregado com nanopartículas metálicas, combinando LSPR com as características estímulo-responsível dos hidrogéis (MONTEIRO et al.,2015).

Devido a tais propriedades, podem ser aplicados em materiais médicos e para usos agrícolas, podendo ter sua síntese à partir de materiais sintéticos ou naturais. Os hidrogéis podem apresentar propriedades mecânicas insatisfatórias quando são preparados com polímeros naturais, entretanto possuem boa biocompatibilidade, biodegradabilidade e podem reconhecer moléculas biológicas (BORTOLIN et al., 2011).

2.5.1 Carragena

A carragena (*Carrageenan*) é um nome genérico para uma família de polissacarídeos formadores de gel e espessantes, chamados galactanos sulfatados lineares hidrofílicos, os quais são obtidos por extração de certas espécies de algas vermelhas comestíveis (LIU, 2016). O nome *Carrageenan* é derivado das espécies de algas *Chondrus crispus* conhecidas como *Carrageenus* ou *Irish Moss* na Inglaterra, e *Carraigin* na Irlanda.

Tem sido usada na Irlanda desde 400 dC como uma gelatina e como um remédio caseiro para curar tosses e resfriados. Ela cresce ao longo das costas da América do Norte e Europa. Possui quantidade considerável de celulose, não tem valor nutricional e é usada em uma variedade de aplicações comerciais como agentes gelificantes, espessantes e estabilizantes, especialmente em produtos alimentícios e molhos. Além dessas funções, são usadas em medicina experimental frequentemente para o teste de agentes anti-inflamatórios, formulações farmacêuticas, cosméticos e aplicações industriais (NECAS, 2013).

A carragena pode ser encontrada no estado puro seco (pó), em solução e em gel, e existem diversos tipos de carragena, entretanto os mais aplicados comercialmente são: ι(iota)-carragena (carragenose 2,4'- dissulfato), κ(kappa)-carragena (carragenose 4'-sulfato) e λ(lambda)-carragena (carragenana 2,6,2'-trissulfato). A ι(iota)-carragena e a κ(kappa)-carragena apresentam característica gelificante, que objetivam formar uma estrutura tridimensional com estrutura de gel. Já a λ(lambda)-carragena tem como característica a capacidade de espessar o material, por meio do aumento da viscosidade. Podem possuir forma de pó sem

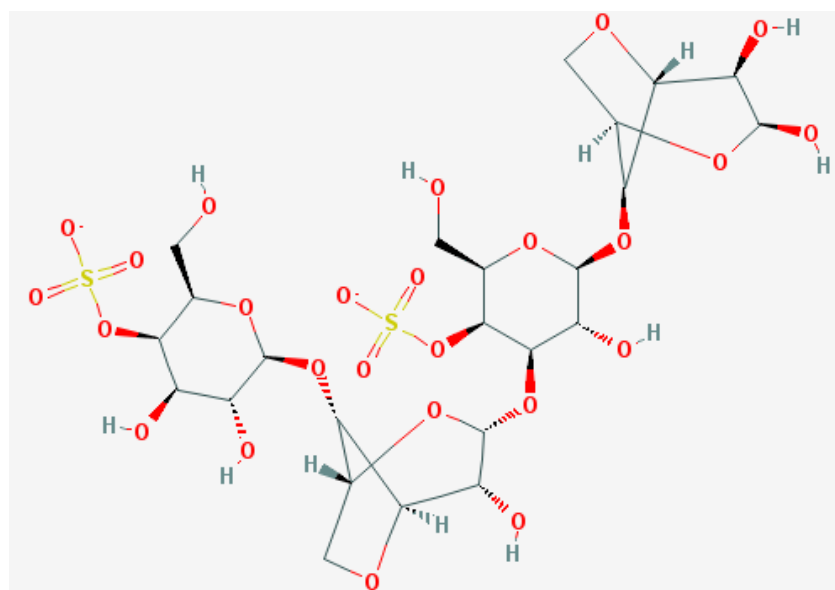
sabor e sem odor quando em estado puro seco e de forma translúcida nas soluções e gel, de modo que quando incorporada em outros produtos não alteram o sabor e nem a coloração dos mesmos (PEREIRA, 2004).

Segundo Liu (2016), a κ (kappa)-carragena se distingue pela sua estrutura primária, e é composta por $\alpha(1\rightarrow3)$ -D-galactose-4-sulfatada alternada e $\beta(1\rightarrow4)$ -3,6-anidro-D-galactose. Contém um grupo sulfato por unidade dissacarídica no carbono 2 da unidade de galactose ligada a 1,3. A conformação $4C_1$ da unidade 3,6-anidro-D-galactose permite uma estrutura secundária helicoidal, que é essencial para a formação do gel.

O processo de gelificação da κ (kappa)-carragena em água é complexo, embora a gelificação da κ (kappa)-carragena seja conhecida há mais de 30 anos. É geralmente aceito que a gelificação seria alcançada por duas etapas: a transição helicoidal seguida pela agregação de hélices. O *crosslinking* físico em um hidrogel κ (kappa)-carragena está associado com a formação de hélices e, em seguida, sua agregação (LIU, 2016).

A massa molar da κ (kappa)-carragena é um valor bastante variável dependente da fonte de extração, segundo Pubchem (2018), a massa molar da κ (kappa)-carragena é de 788,647 g/mol, sua fórmula molecular é $C_{24}H_{36}O_{25}S_2^{-2}$ e sua estrutura molecular é apresentada na Figura 7 (PUBCHEM, 2018).

Figura 7 – Estrutura molecular da κ (kappa)-carragena



Fonte: Pubchem (2018).

Como o κ -carragenina é um polímero natural barato que tem uma carga negativa distribuída ao longo da cadeia, e pode ser usado como um estabilizador para a síntese de AgNPs. (ELSUPIKHE, 2015).

Devido a essas características é possível introduzir uma suspensão coloidal de AgNPs no interior de um hidrogel empregando ciclo de intumescimento e não-intumescimento, de modo a criar um ambiente adequado para manter AgNPs estáveis, com o seu armazenamento no interior da cadeia do polissacarídeo. O intuito é que o gel não deixe que as nanopartículas se aglomerem e formem agregados, podendo promover uma liberação gradativa, para que suas propriedades bactericidas sejam exploradas.

2.6 Tecidos bactericidas

Os tecidos bactericidas visam destruir os microorganismos, os quais por meio da umidade e calor são causadores de odores desagradáveis e de descoloração em artigos têxteis. Os tecidos com a presença de íons metálicos, fazem com que as bactérias deixem de se multiplicar (SÁNCHEZ, 2006).

NPs de prata, dióxido de titânio e óxido de zinco podem ser utilizadas para conferir propriedades bactericidas e fungicidas para artigos têxteis (YETISEN, 2016).

Nesse sentido, a presença de um compósito de hidrogel (carragena, por exemplo) e AgNPs na superfície de tecidos pode ser útil para garantir excelentes propriedades bactericidas ao substrato têxtil. O contato deste com a umidade (ambiente normalmente associado com a presença de bactérias) deve provocar o entumescimento do hidrogel e o relaxamento das cadeias do hidrogel a qual deve permitir a oxidação das AgNPs e conseqüentemente a difusão de íons Ag^+ para o ambiente externo visando garantir eficácia no combate às bactérias patogênicas (YETISEN, 2016).

2.7 Compósitos

Os materiais compósitos são compostos por dois ou mais materiais quimicamente distintos e que em escala macroscópica podem ser distinguidos com o intuito de melhorar as características dos materiais isolados. São formados por duas fases, a fase contínua é a matriz e a fase descontínua o reforço. Os

compósitos fibrosos podem conter uma matriz polimérica e ter aplicações não estruturais com a incorporação de fibras têxteis naturais como reforço, como fibras de abacaxi, coco, juta, sisal e algodão (MARINUCCI, 2011).

As fibras podem ser contínuas ou descontínuas com estrutura unidirecional, bidirecional ou tridimensional, o que interfere na resistência mecânica do material. Fibras no formato bidimensionais são chamadas de tecidos, os quais apresentam fios no sentido do comprimento (urdume) e os fios no sentido da largura (trama) podendo ter uma ampla gama de entrelaçamentos entre trama e urdume de acordo com a aplicação, sendo as principais ligações a tela, sarja e cetim (MARINUCCI, 2011).

Segundo Marinucci (2011), a adesão da matriz com o reforço fibroso pode se dar por meio de ação mecânica ou química, a interação química entre a fibra e a matriz é dada por grupos funcionais presentes na superfície da fibra que devem ser formar ligações químicas com a matriz e com o resfriamento no período de cura ocorre a contração da matriz promovendo uma ação física que assegura a interação com a fibra.

Com base no levantamento bibliográfico realizado, foi possível verificar trabalhos realizados sobre síntese de nanopartículas de pratas por diferentes métodos. A redução pelo método de Lee e Meisel (1982) com de borohidreto de sódio (NaBH_4), e o método de Turkevich (1951) utilizando o citrato de sódio como agentes redutores precisam de uma concentração elevada do redutor para evitar a agregação das AgNPs, estes métodos são utilizados até os dias atuais com algumas adaptações.

O presente trabalho busca a utilização de um tecido plano de algodão como reforço fibroso, composto por fibras naturais com estrutura glicosídea e hidrofílica, o qual é suscetível à ação de microrganismos, como bactérias. A funcionalização do tecido com ação bactericida pode ser por meio da síntese de nanopartículas de prata em sua superfície, sendo utilizadas duas metodologias.

Um método é a síntese de nitrato de prata (AgNO_3) em solução aquosa com agitação e temperatura controlada com imersão de tecido de algodão, que será o agente redutor da síntese. Já o segundo método solubiliza-se a carragena para que forme um filme de polissacarídeo que pode ser utilizado como matriz gel e o AgNO_3 é sintetizado na solução e no tecido, de modo que o polissacarídeo possa

potencializar a síntese e forma um filme para servir como suporte para as AgNPs, formando um compósito fibroso com propriedades bactericidas.

A avaliação da atividade bactericida foi avaliada em análise espectrofotométrica de meio de culturas *E. coli* e *S. Aureus*, demonstrando efeito bactericida, sendo um produto com potencial aplicação médico-hospitalar futuramente.

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais

Para a síntese de nanopartículas de prata foi utilizado o reagente nitrato de prata P.A. (Sigma Aldrich ACS reagente $\geq 99,0\%$).

Na a síntese de hidrogel de carragena foram utilizadas amostras de tecido 100% algodão com dimensões de 10x30 mm e o polissacarídeo carragena (CP Kelco) com massa molar de 277 mg/mol, solubilizada em água destilada. Para analisar se houve sobra de nitrato de prata no béquer de preparo das soluções, utilizou-se uma solução de 0,1 mol/L de NaCl.

Para avaliar a ação bactericida foram inoculadas bactérias *gram-negativa Escherichia coli* (EC) e *gram-positiva Staphylococcus aureus* (SA), utilizando *Soyabean Casein Digest Medium - Tryptone Soya Broth* (TSB) (Himédia Laboratories Pvt. Ltd.), alimento à base de soja, como meio de cultura e água de osmose reversa. Durante o procedimento foi utilizado álcool etílico em frasco contendo areia e solução de água com álcool etílico para descarte das ponteiros de micropipeta e das culturas de bactérias.

Os equipamentos utilizados nos procedimentos de síntese foram o agitador magnético, chiller CW5200, banho ultratermostático SL152, geladeira e liofilizador SL 404. Para o teste bactericida utilizou-se a autoclave, geladeira, câmara de luz UV e Shaker. Na caracterização das amostras, foram utilizados os equipamentos microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Shimadzu - SS - 550 super scan) e espectroscópio de energia dispersiva (EED), da COMCAP/UEM. Foi utilizado também o espectrofotômetro no ultravioleta visível (UV-Vis) (Ocean Optics, USB2000).

Os softwares utilizados para tratamento dos dados foram o Microsoft Excel 2016, Origin 8.5.1 e Corel Draw Graphic Suits X8.

3.2 Métodos

3.2.1 Síntese de nanopartículas de prata (AgNPs) em tecido de algodão

Antes do início dos experimentos, toda a vidraria utilizada foi devidamente lavada com água destilada. Em um balão de fundo redondo, foram adicionados 30 mL de água destilada e Nitrato de prata com concentrações apresentadas na Tabela 1, sendo calculado o percentual de nitrato de prata na solução [massa/volume]. Foi inserida uma barra magnética para agitação e levada a solução em uma placa de agitação magnética com temperatura de 80°C utilizando um banho ultratermostático para controle da temperatura. Três amostras de tecido 100% algodão (CO) com dimensões de 30 x 10 mm foram colocadas dentro do balão com o auxílio de uma pinça e o equipamento chiller foi utilizado como suporte de refluxo para que a concentração da solução se mantivesse constante, por um período de 2h.

As amostras foram retiradas da solução e imersas individualmente em um béquer com 5 mL de água destilada por 30 segundos e lavadas em etanol, posteriormente pingou-se 5 gotas de solução de NaCl 0,1 mol/L na água de lavagem para avaliar se houve precipitação de NaCl. Este procedimento foi repetido até que não houvesse mais prata residual.

Tabela 1 - Concentração de nitrato de prata nas amostras

<i>Amostra</i>	<i>% Nitrato de prata (m/v)</i>
<i>TB (cru)</i>	-
<i>TAg67</i>	0,67
<i>TAg17</i>	0,17

Fonte: Autora da pesquisa (2018).

As amostras foram secas ao ar e armazenadas em *ependorf* devidamente identificado.

3.2.2 Formação de filme de carragena na superfície do tecido de algodão

Em um balão de fundo redondo, foram adicionados 15 mL de água destilada e carragena (conforme concentrações da Tabela 2) sob agitação com temperatura de 80°C utilizando um banho ultratermostático e suporte de refluxo para que a concentração da solução se mantivesse constante, por 50 minutos.

Foram adicionadas três amostras de tecido 100% CO com dimensões de 30 x 10 mm seguidas de 15 mL de água destilada na solução e colocados novamente no banho nas mesmas condições por um período duas horas.

O procedimento foi repetido diversas vezes variando a concentração da carragena, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Concentração de carragena nas amostras

<i>Amostra</i>	<i>% Carragena (m/v)</i>
<i>C05</i>	0,5
<i>C1</i>	1,0

Fonte: Autora da pesquisa (2018).

As amostras foram retiradas do balão utilizando-se uma pinça para transferência para lâminas de vidro sobrepostas, que comprimiram as amostras e com um elástico foram amarradas e colocadas na geladeira.

Após um período de 2 horas foram retiradas para avaliação da formação do gel. As amostras foram mantidas na geladeira até o desenvolvimento das próximas etapas.

Duas amostras de cada condição foram colocadas para congelar para e posteriormente foram liofilizadas por um período de 24h.

3.2.3 Síntese do filme de carragena com AgNPs sobre tecido de algodão

Em um balão de fundo redondo com uma barra magnética, foram adicionados 15 mL de água destilada e a carragena (concentração Tabela 3).

A solução foi agitada a temperatura de 80°C, utilizando um banho ultratermostático para controle da temperatura por 50 minutos.

Foram adicionadas 3 amostras de tecido 100% CO com dimensões de 30 x 10 mm seguidas de nitrato de sódio (concentração Tabela 3) e 15 mL de água destilada na solução, voltando para o banho nas mesmas condições por um período duas horas.

O procedimento foi repetido diversas vezes variando a concentração dos reagentes, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração de carragena e nitrato de prata nas amostras

<i>Amostra</i>	<i>% Carragena (m/v)</i>	<i>% Nitrato de prata (m/v)</i>
<i>C05Ag67</i>	0,5	0,67
<i>C05Ag17</i>	0,5	0,17
<i>C1Ag67</i>	1,0	0,67
<i>C1Ag17</i>	1,0	0,17

Fonte: Autora da pesquisa (2018).

As amostras foram retiradas do balão utilizando-se uma pinça para transferência para lâminas de vidro sobrepostas, que comprimiram as amostras e com um elástico foram amarradas e colocadas na geladeira.

Após um período de 2 horas foram retiradas para avaliação da formação do gel. As amostras foram mantidas na geladeira até o desenvolvimento das próximas etapas.

Duas amostras de cada condição foram colocadas para congelar para e posteriormente foram liofilizadas por um período de 24h.

3.2.4 Caracterização do filme de carragena por EED e MEV

A morfologia da superfície do compósito carragena/AgNPs foi caracterizada antes e depois da incorporação das AgNPs, utilizado a técnica de MEV para analisar a morfologia do compósito e EDS para verificar a composição química das amostras.

3.2.5 Teste da ação bactericida do tecido

Antes do início dos experimentos, toda a vidraria utilizada foi devidamente lavada com a solução água destilada. A eficácia antibacteriana do material de algodão modificado foi avaliada contra o modelo bactérias Gram-negativa *Escherichia coli* (EC) e Gram-positiva *Staphylococcus aureus* (SA). Os meios de

cultura foram preparados com TSB com concentração de 30 g/L e cultivados durante 24h e transferidos 4 mL do meio para tubos de ensaio.

As bactérias que estavam em tubo de ensaio foram inoculadas utilizando um *swab* estéril¹ para vidros de ensaio contendo meio de cultura e foram colocadas no Shaker de agitação com temperatura de 35°C e agitação de 200 RPM por um período de 24h.

A capela foi esterilizada por 15 minutos com luz UV e em seguida foram colocadas as placas de ágar devidamente esterilizada no interior da capela. As amostras de tecido com dimensões de 0,8 x 0,8 mm foram colocadas nas placas identificadas com o auxílio de uma pinça esterilizada com álcool etílico em bico de Bunsen. As amostras foram previamente esterilizadas por irradiação UV no intervalo de comprimento de onda compreendido entre 245 nm e 285 nm por um período de 10 minutos em cada um dos lados do tecido.

As amostras foram inseridas nos tubos de ensaio devidamente identificados e posteriormente adicionou-se 100 µL das suspensões celulares com o auxílio de uma micropipeta em cada tubo. Após 24 h de incubação no Shaker de agitação com temperatura de 35°C e agitação de 200 RPM por um período de 24 h.

Após a incubação, as suspensões foram transferidas para cubetas e feita a leitura no espectrofotômetro UV no comprimento de onda correspondido entre 200 nm e 900 nm do controle branco e em seguida foram feitas as outras análises no mesmo comprimento de onda.

Este procedimento foi realizado para todas as amostras com os dois tipos de controle de bactérias. Posteriormente foi feito o cálculo do percentual de inibição de crescimento de bactérias utilizando-se da Equação:

$$\text{Inibição (\%)} = 100 - (100 * \text{Abs}_T / \text{Abs}_{\text{máx}})$$

Em que: Abs_T é a “Absorbância máxima da amostra” e $\text{Abs}_{\text{máx}}$ é a “absorbância máxima controle”.

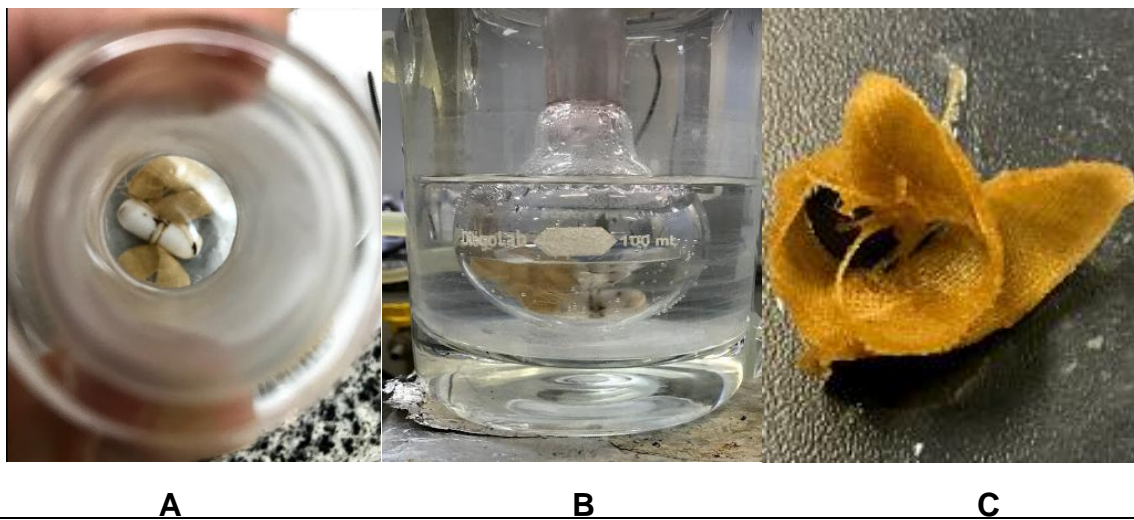
¹ *Swab* estéril é um utensílio com uma haste longa com uma ponta com algodão de alta absorção que tem a funcionalidade de coletar amostras clínicas (PROLAB, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Síntese de nanopartículas de prata (AgNPs) diretamente em tecido de algodão

Notou-se que AgNPs foram produzidas, a partir de todas concentrações de soluções do precursor de prata testadas, diretamente sobre os tecidos de algodão que ficaram imersos no meio reacional durante a síntese. Possivelmente grupos hidroxila presentes na estrutura química da celulose são responsáveis pela redução dos íons prata (Ag^+) para prata metálica (Ag^0) (MARTINS et al., 2015). Isso fica evidente pois a superfície do tecido inicialmente branco assume uma coloração com tom alaranjado, característico da formação de AgNPs (BALLOTTIN, 2014) (Figura 9).

Figura 9 – Síntese de AgNPs em tecido de algodão. A e B) Tecido (TAg67) em processo de síntese. C) Tecido após síntese (TAg67).



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

A solução residual se apresentou incolor após a síntese, indicando que as AgNPs foram formadas apenas na superfície do tecido por meio da ação redutiva dos grupos funcionais presentes na superfície das fibras (Figura 10)

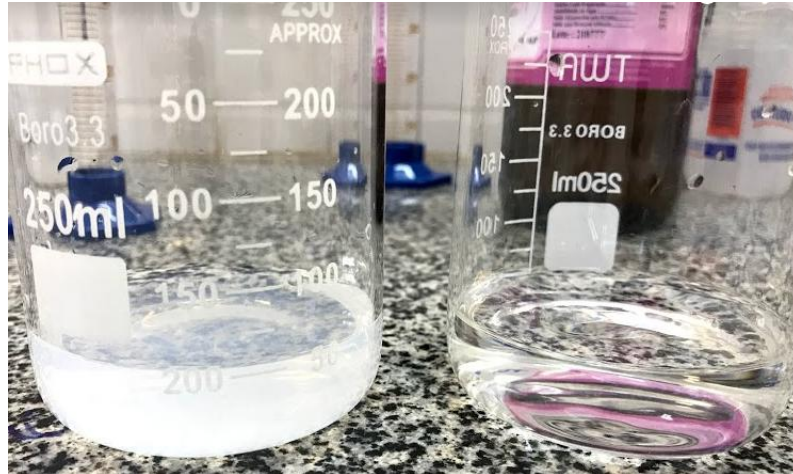
Figura 10 - Imagens fotográficas de amostras de tecidos de algodão crú e cobertos com AgNPs: A) Tecido Branco (TB), B) Tecido com 0,67% [m/v] AgNO_3 (TAg67) e C) Tecido com 0,17% [m/v] AgNO_3 (TAg17).



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Pode-se notar ainda que sob maior concentração de solução de AgNO_3 , mais intensa é a cor assumida pela superfície do tecido. Isso é esperado tendo em vista que em maiores concentrações, maior a disponibilidade de íons Ag^+ precursores. As amostras foram retiradas da solução e imersas na água de lavagem para avaliar se houve precipitação de NaCl , de modo que quando a solução se torna turva, há precipitação e indica residual de prata, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Precipitação de NaCl na solução, indicando residual de prata.



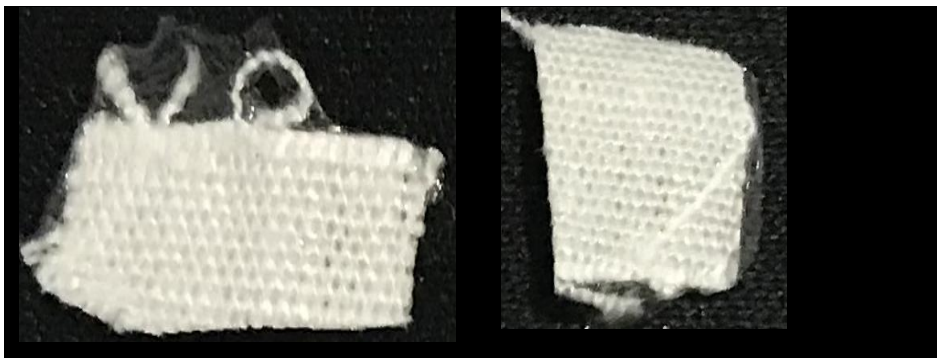
Fonte: Autora da pesquisa (2018).

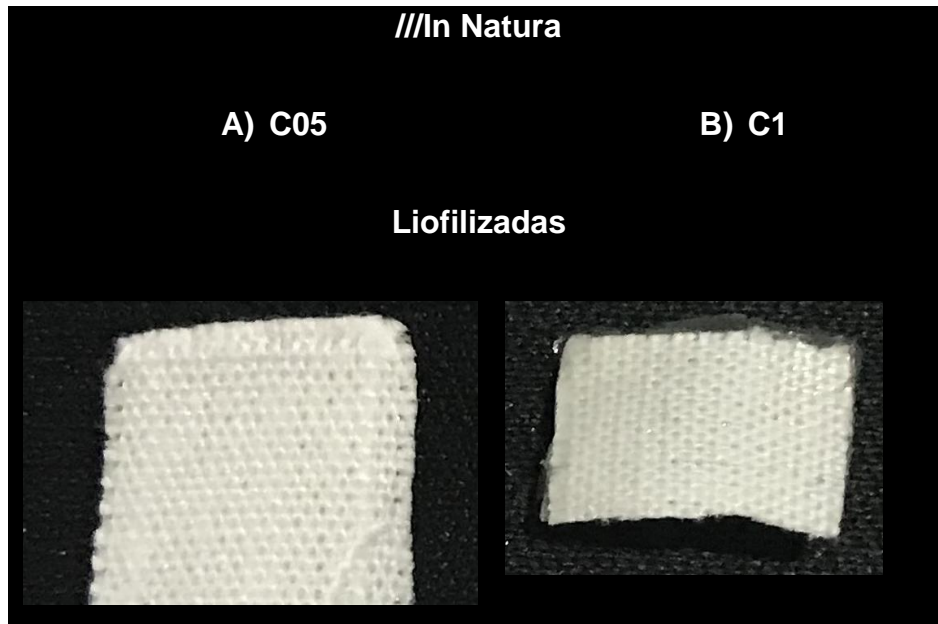
Este procedimento foi repetido até que não houvesse mais prata residual, sendo necessárias três repetições do procedimento, de modo que na terceira vez a água ficou incolor.

4.2 Síntese do filme de carragena sobre tecido de algodão

Foi possível observar a formação do filme de carragena a partir das duas concentrações de polissacarídeo testadas (0,5 e 1% (m/v)) conforme mostrado na Figura 12. O filme formado apresentou-se quase transparente como é característico para filmes de carragena nessas concentrações (NECAS, 2013). Vale ressaltar ainda que, mesmo após a secagem das amostras ao ar, é possível que o filme seja novamente intumescido, por meio de imersão em água, retornando a sua estrutura inicial.

Figura 12 - Imagens fotográficas de tecidos de algodão cobertos com filme de carragena preparado a partir de solução A) 0,5 % (C05) e B) 1,0 % (C1).





Fonte: Autora da pesquisa (2018).

A carragena é um polissacarídeo sulfatado solúvel em água aquecida, quando em baixas concentrações (comumente até 4% (m/v)). A viscosidade de uma solução quente de carragena tende a aumentar, ao ser resfriada, até a formação de uma estrutura química tridimensional rígida sob refrigeração (5 - 8°C). Isso porque, em temperaturas mais baixas, as interações entre os grupos das cadeias poliméricas são favorecidas. Portanto, é isso que justifica a formação do filme de carragena sobre a superfície dos tecidos. A solução de carragena impregnada entre as fibras do tecido se tornaram viscosas, com o decréscimo da temperatura, produzindo um filme do polissacarídeo quando refrigeradas.

Os filmes de carragena se apresentaram visivelmente bem aderentes ao tecido possivelmente devido a boa interação entre os grupos das matrizes poliméricas da carragena e celulose. Esta característica de adesão no material poderá ser avaliada posteriormente por meio de ensaios de fricção, abrasão e lavagem normatizados.

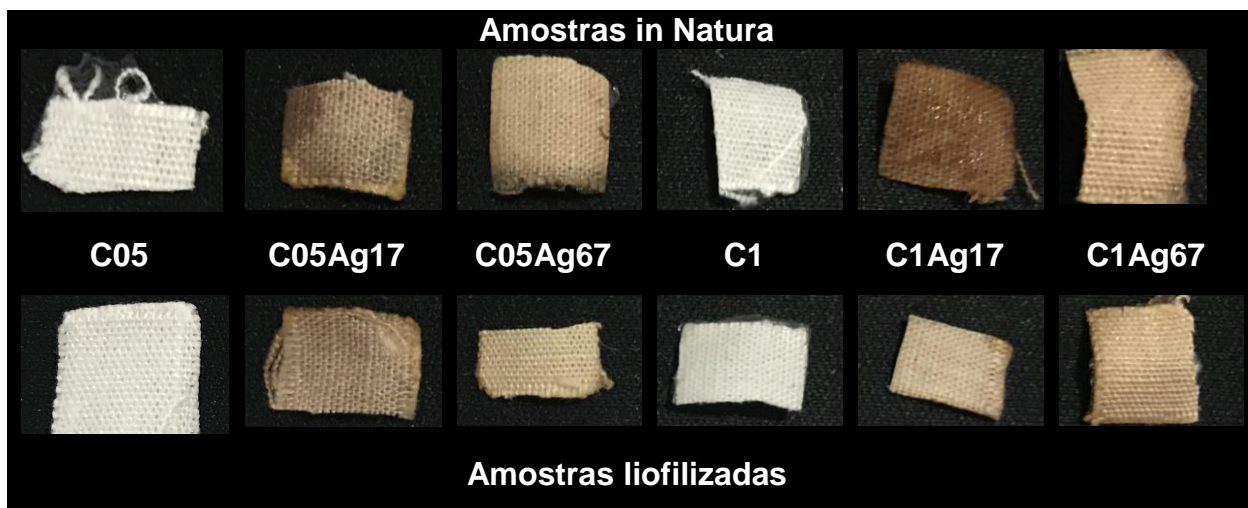
4.3 Obtenção do compósito de filme de carragena/AgNPs sobre tecido de algodão

A síntese de AgNPs utilizando carragena já tem sido reportada na literatura (LIU, 2016; ELSUPIKHE, 2015). Deste modo, buscou-se utilizar esse polissacarídeo para potencializar a síntese de nanopartículas (a qual já é conseguida diretamente

sobre o tecido como mostrado no tópico 4.1) e aproveitar a matriz rígida do filme de carragena, que se forma sobre o substrato têxtil (tópico 4.2), para servir como suporte para manter mais firmemente as AgNPs sobre o tecido. Vislumbrava-se ainda que, mesmo a sua maioria internalizadas na matriz polimérica, as AgNPs resguardassem o seu poder bactericida.

As amostras de tecido em meio de carragena 0,5 e 1% (m/v), sob todas as concentrações de solução do precursor de prata testadas, foram capazes de produzir AgNPs. Foi possível verificar a coloração alaranjada na superfície das amostras de tecido, conforme fica evidente na Figura 13.

Figura 13 – Imagens fotográficas das amostras de tecido de algodão recobertas com compósito carragena/AgNPs. A): 1) C05, 2) C05Ag17, 3) C05Ag67, 4) C1, 5) C1Ag17 e 6) C1Ag67. B: 1) TAg17 e 2) TAg67.



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

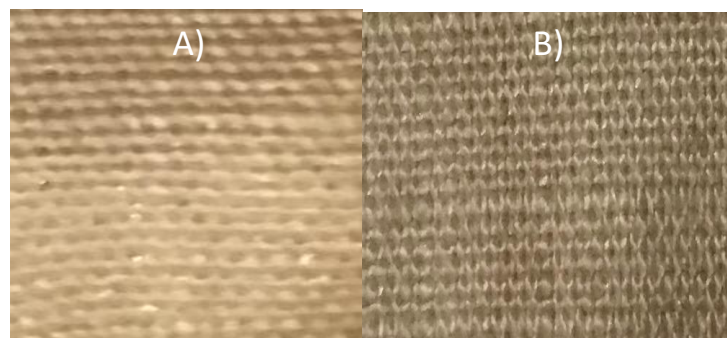
Para todas as amostras testadas, o compósito formado pelo filme de carragena/AgNPs mantiveram a boa aderência na superfície das fibras, assim como já havia sido discutido anteriormente (tópico 4.2).

Pode-se notar também que, considerando uma mesma condição de concentração de carragena, o aumento da quantidade de precursor de prata deixou menos intensa a coloração apresentada pela superfície do tecido. Esse é um indicativo que uma menor quantidade de AgNPs foi produzida. Esse comportamento não esperado precisará ser melhor investigado para esclarecimento.

De outra forma, quando a concentração Ag^+ foi mantida constante, o aumento da concentração do polissacarídeo no meio reacional não interferiu sensivelmente na intensidade de cor exibida pelo tecido. Isso é compreensível já que os íons Ag^+ são os limitantes da reação.

Outro aspecto a ser ressaltado é que a solução residual pós-síntese assumiu uma coloração alaranjada, dado que a redução de íons Ag^+ também ocorreu em solução devido a ação da carragena solúvel. Isso consome íons prata precursores a qual não ocorria na produção de AgNPs diretamente sobre o tecido (sem carragena). Mesmo assim pode-se notar que, para uma mesma concentração de precursor de prata, foram produzidas mais AgNPs sobre o tecido quando empregou-se carragena durante a síntese. Isso pode ser afirmado pois a coloração alaranjada (indicativo de AgNPs) é mais intensa no tecido recoberto com o compósito de filme de carragena/AgNPs, se comparada com ele coberto apenas AgNPs (realizado no tópico 4.1). Isso é devida a atuação oxidativa sinérgica dos grupos da superfície do tecido com aqueles presentes na matriz polimérica da carragena. A Figura 14 apresenta imagens fotográficas comparativas entre as amostras C1Ag67 e TAg67.

Figura 14 - Imagens fotográficas das amostras: A) C1Ag67 e B) TAg67



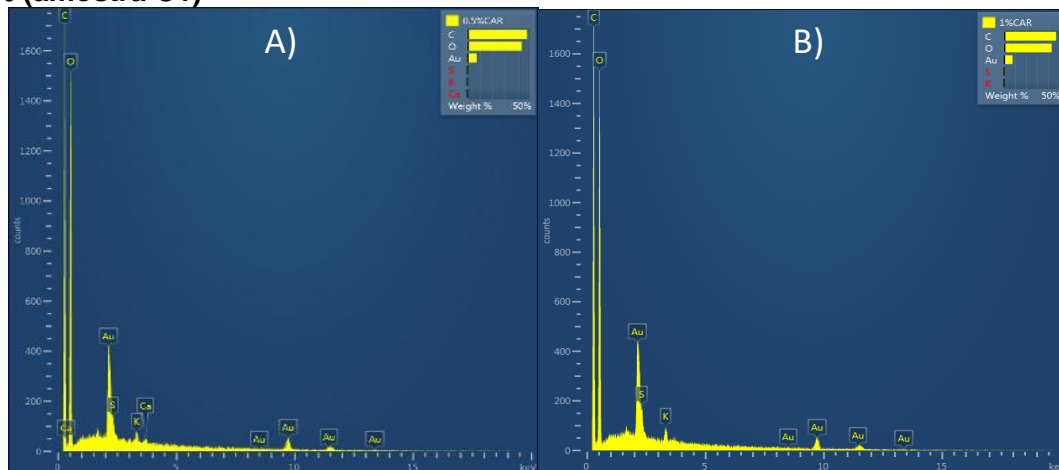
Fonte: Autora da pesquisa (2018).

4.4 Caracterização do compósito por EDS e MEV

As amostras liofilizadas de tecido, recobertas com filme de carragena e com os compósitos de filme de carragena/ AgNPs testados, foram caracterizadas por meio da técnica de EDS e MEV.

Na Figura 15 são apresentados os espectros EDS para as amostras recobertas apenas com carragena (amostras C05 e C1).

Figura 15 – Espectro EED das amostras de tecido coberto com carragena, produzidas a partir de solução do polissacarídeo com concentrações de a) 0,5 % (amostra C05) e B) 1% (amostra C1)



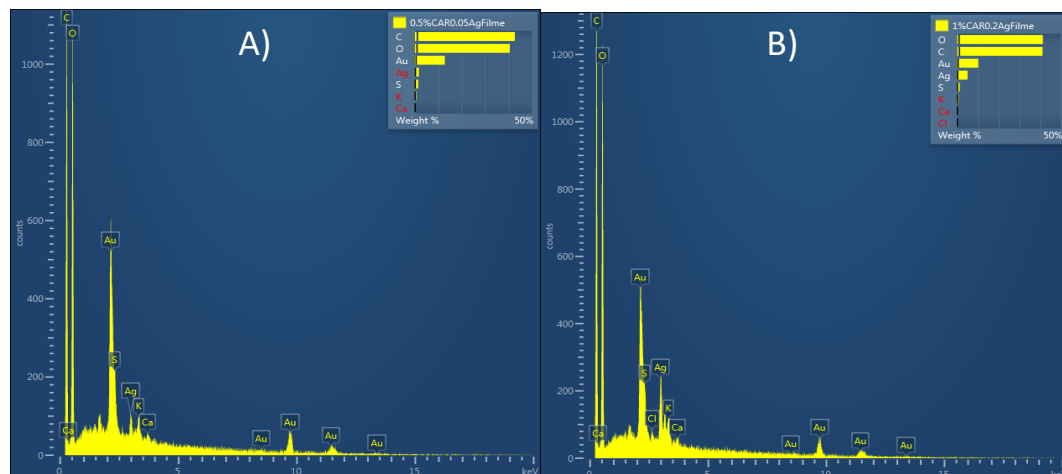
Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Os picos de ouro em todas as condições analisadas são provenientes do filme metálico produzido durante o preparo da amostra. Observa-se ainda picos de carbono e oxigênio, provenientes da estrutura do tecido de algodão e da matriz polimérica da carragena, além de um pico de enxofre que indica a presença da

carragena (polissacarídeo sulfatado). Já os picos de cálcio e potássio podem indicar contra-íons da matriz da carragena ou presença de impurezas.

Na Figura 16 são apresentados os espectros de EED para as amostras recobertas com o compósito carragena(0,5%)/AgNPs.

Figura 16 – Espectro de EED para as amostras de tecido recoberto com compósito de filme carragena(0,5%)/AgNPs: A) C05Ag17 e B) C05Ag67.



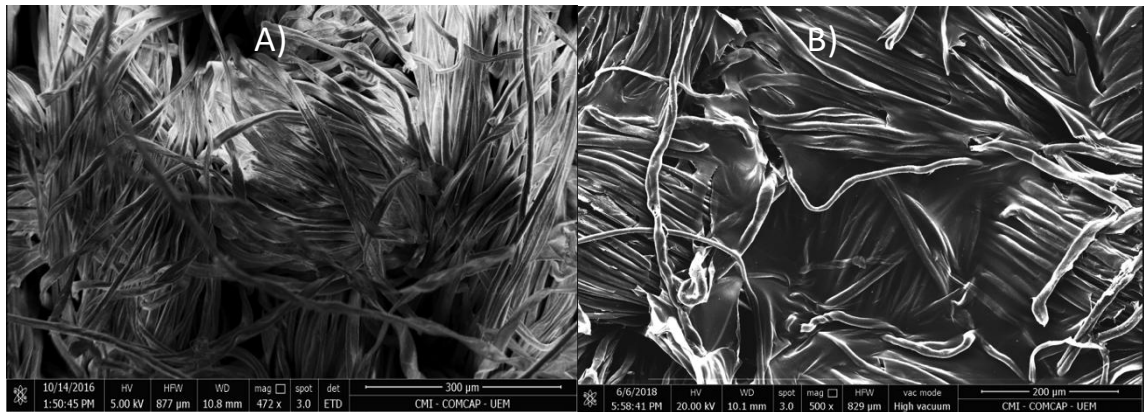
Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Analisando o espectro da Figura 16, observa-se basicamente os mesmos picos indicados na Figura 15 (amostra de tecido recoberto somente com carragena), com o acréscimo do pico de Ag, comprovando a presença desse metal, possivelmente na forma nanoparticulada, sobre a superfície.

Comportamento bastante semelhante foi observado para as amostras de tecido recobertos com compósito de filme de carragena (1%)/AgNPs as quais os espectros de EED não foram apresentados.

As análises de MEV foram realizadas para avaliação da morfologia de superfície das amostras com respeito a variação da concentração dos reagentes de síntese. Na Figura 17 é apresentada imagem de MEV da amostra 100% algodão cru e ela recoberta com filme de carragena obtido por solução 0,5%.

Figura 17 – Imagem de MEV para as amostras A) TB e B) C05

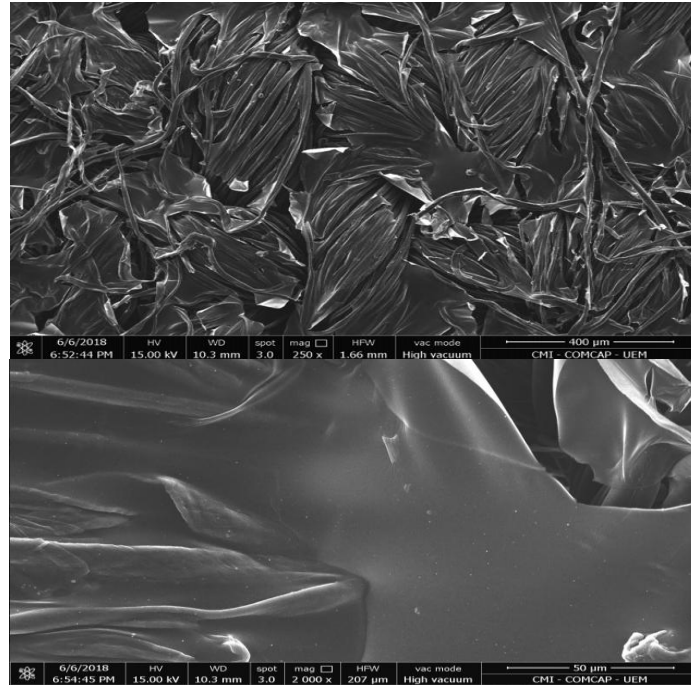


Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Observa-se que a estrutura das fibras da amostra 100% algodão cru é lisa e encontram-se relativamente mais espaçadas entre si. Após a obtenção do filme de carragena percebe-se que essas fibras tornam-se mais aglutinadas e verifica-se claramente a presença de películas lisas descontínuas recobrimdo as fibras, as quais evidenciam a obtenção do filme de carragena. Uma morfologia muito semelhante à Figura 17B foi verificada para a amostra contendo filme de carragena 1% (MEV não apresentado). As características do recobrimento ou morfologia do filme não variam sensivelmente com respeito a variação da concentração da carragena empregada na síntese.

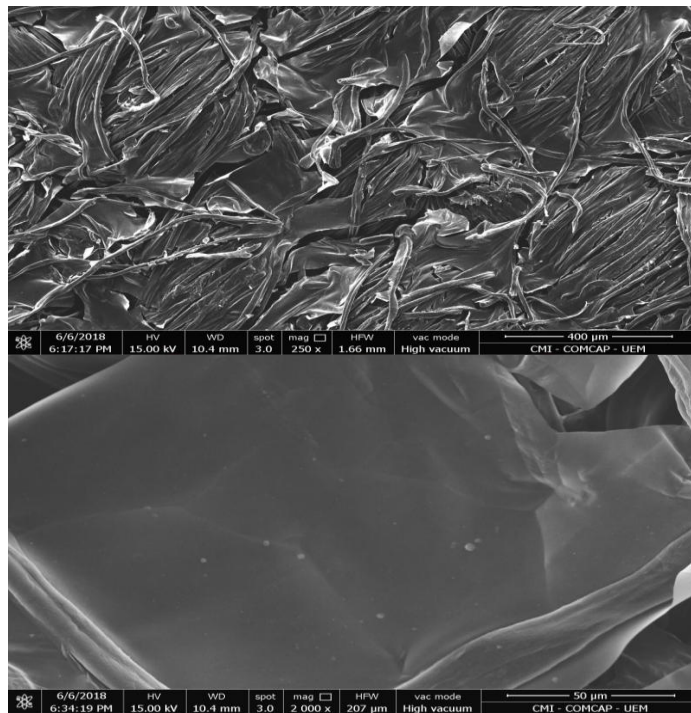
As imagens de MEV para as amostras de tecido recobertas com o compósito de filme de carragena/AgNPs, nas duas concentrações de carragena e na maior concentração da solução do precursor de Ag^+ , são apresentadas nas Figuras 18 e 19.

Figura 18 – Imagens de MEV para amostra C05Ag67 em diferentes ampliações



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Figura 19 – Imagens de MEV para amostra C1Ag67 em diferentes ampliações



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

As Figuras 16 e 17 apresentam o MEV das amostras e tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs 0,5 e 1%, respectivamente. Pode-se observar novamente, para ambas concentrações de carragena empregadas na síntese, a presença de pedaços lisos descontínuos de filme de carragena espalhados por toda a superfície da fibra. Não foram observadas diferenças sensíveis na morfologia da superfície entre as amostras produzidas com diferentes concentrações de carragena. As imagens ampliadas nessas figuras apresentam pequenas partículas que, possivelmente, são AgNPs ou aglomerados incrustados na superfície do filme.

As morfologias para as amostras obtidas com menor concentração de precursor de prata exibiram morfologias semelhantes às apresentadas nas Figuras 16 e 17 (MEVs não mostrados).

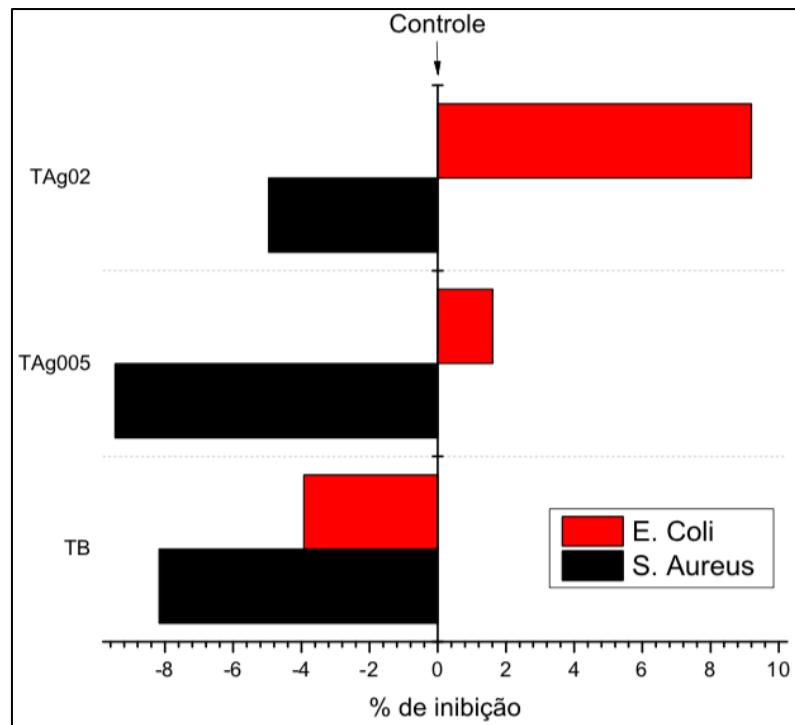
4.5 Teste da ação bactericida do tecido

Os resultados dos testes bactericidas foram avaliados com base em análises espectrofotométricas do meio de cultura para as bactérias Gram-positiva *S. aureus* e Gram-negativa *E. Coli*. Os meios de cultura com as bactérias inoculadas em contato com as amostras de tecido foram usadas para verificar a possível inibição de crescimento das mesmas. O controle positivo, situação considerada como 0% de inibição de crescimento de bactérias, foi tomado como referência. Ao crescerem, as bactérias ficam suspensas em solução e passam a exibir uma absorção máxima de luz. Sendo assim, com base nessa absorbância máxima ($Abs_{m\acute{a}x}$) para o controle positivo (situação na taxa máxima de crescimento), foi determinado o percentual de inibição de crescimento para cada bactéria inoculada nas amostras produzidas (TORTORA, 2008).

As amostras que apresentaram diminuição na absorbância (média da triplicata), em relação ao $Abs_{m\acute{a}x}$ do controle positivo, indicaram que houve ação bactericida. O cálculo para encontrar o percentual de inibição foi realizado utilizando a Equação 1. Os dados de absorbância obtidos para o controle e para cada amostra testada, considerando o comprimento de onda máximo fixo, estão apresentados nas Tabelas A2, A3 e A4. A partir desses dados, foram plotadas as Figuras 20, 21 e 22. Elas apresentam, respectivamente, os percentuais de inibição contra *S. Aureus* e *E.*

Coli para as amostras de tecido recoberto com AgNPs (sem carragena), recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs (*in natura*) e recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs (liofilizado).

Figura 20 – Percentual de inibição de bactérias *E. coli* e *S. Aureus* no tecido recoberto com AgNPs (sem carragena)

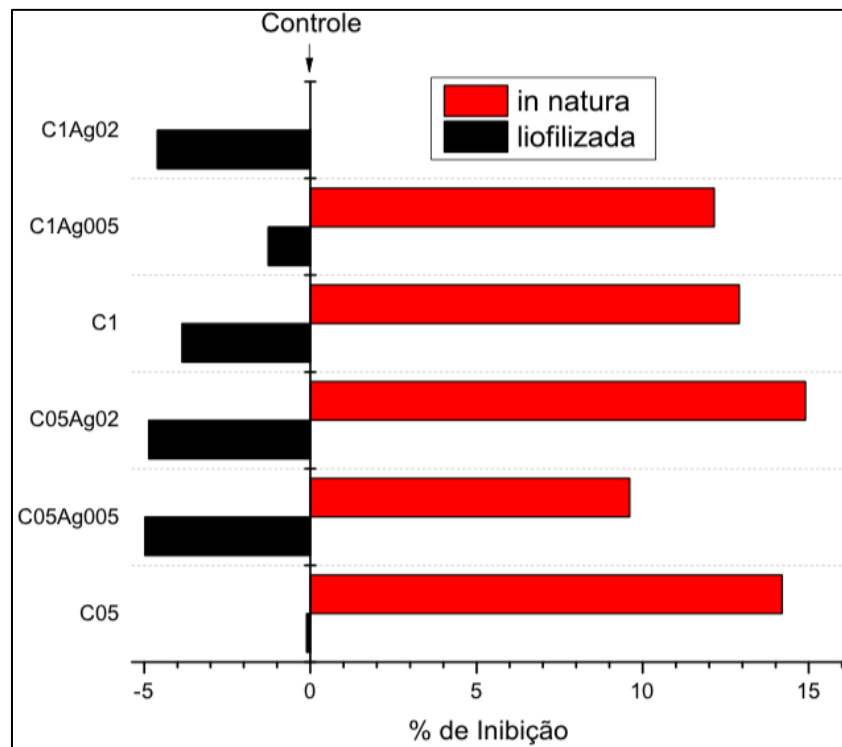


Fonte: Autora da pesquisa (2018).

As amostras de tecido recobertos com AgNPs (sem carragena) apresentaram-se bactericidas apenas contra *S. Aureus* conforme pode ser verificado na Figura 20. Os percentuais de inibição para as amostras TAg17 e TAg67 foram de 9,46% e 8,17%, respectivamente. Esse já seria um comportamento esperado considerando a característica bactericida intrínseca de AgNPs. Uma diferença sutil no percentual de inibição foi observado entre o emprego das diferentes concentrações de precursor de prata empregado na síntese. Pequena vantagem para aquela produzida com menor concentração de Ag^+ . Contra *E. Coli*, as amostras não mostraram ação bactericida. Considerando que as bactérias testadas apresentam diferenças em termos de parede celular (*E. Coli* são *gram-negativas* enquanto que *S. Aureus* são *gram-positivas*), pode-se constatar que o mecanismo

de atuação bactericida dos tecidos recobertos com AgNPs tem sido mais efetivo frente à bactérias *gram-positivas*.

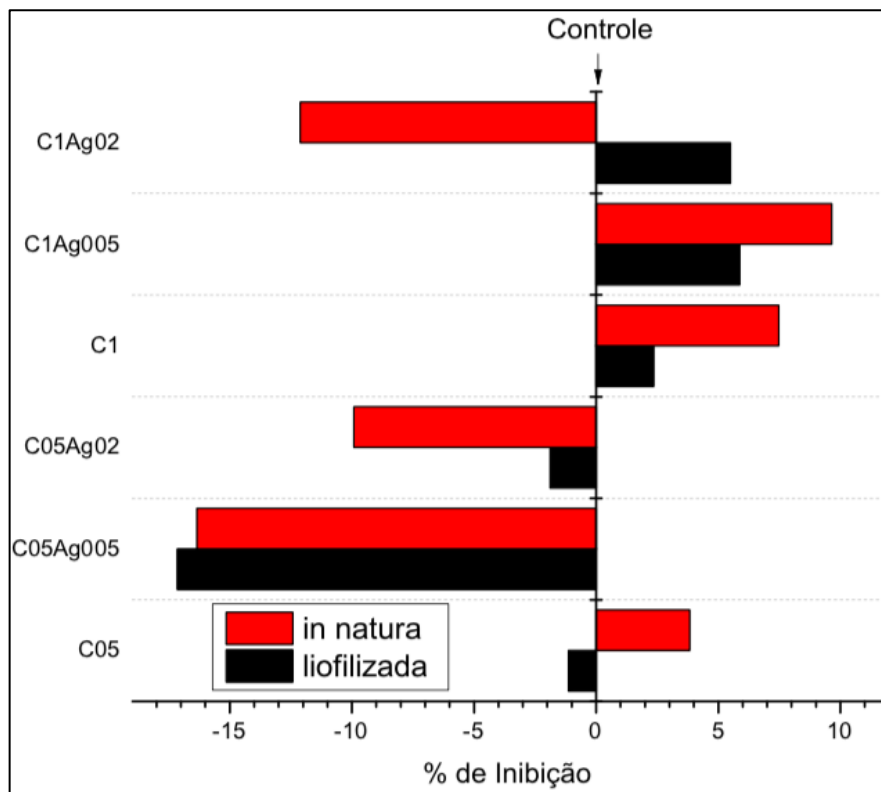
Figura 21 – Percentual de inibição de bactérias *S. Aureus* nas amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs (*in natura* e liofilizada)



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

A Figura 22 mostra que a aplicação de tecidos recoberto com o compósito de filme de carragena/AgNPs na condição *in natura* (filme de carragena que encontra-se hidratado) se apresentaram com nenhum poder bactericida contra *S. Aureus*. Pelo contrário, se mostraram bons substratos para crescimento dessa bactéria em todas condições testadas. Com relação a aplicação da amostra liofilizada foi observada uma melhora no poder bactericida, de modo que todas amostras testadas mostraram-se bactericidas. Aqui, da mesma forma que ocorreu com as amostras de tecido cobertas apenas AgNPs (sem carragena), a ação bactericida mostrou-se efetiva para bactérias Gram-positiva, se liofilizadas. As amostras hidratadas mantem o gel espesso e possivelmente protege as AgNPs do contato direto com as bactérias. Quando liofilizadas elas podem se tornar mais expostas.

Figura 22 – Percentual de inibição de bactérias *E. coli* nas amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs (*in natura* e liofilizada)



Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Com respeito a bactéria *E. Coli* (Figura 22), as amostras recobertas com o compósito que mostraram-se bactericida, tanto na forma *in natura* quanto na liofilizada, foram aquelas produzidas nas condições de menores concentrações simultâneas de precursor de prata e do polissacarídeo. Um pico de inibição acima de 15% foi obtido nessas condições. Sugere-se que nessa condição as AgNPs tem maior acesso à parede celular já que encontram-se em uma matriz polimérica menos densa e possivelmente menos espessa. Já as amostras com as maiores concentrações do precursor de prata *in natura* tiveram também resultados significativos de inibição de crescimento para *E. coli*.

5 CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível concluir que é possível desenvolver um compósito de filme de carragena como matriz sobre tecido de algodão atuando como reforço para sintetizar e servir de suporte para AgNPs.

Com as análises de EED e MEV foi possível confirmar a presença de carragena nas amostras de tecido por meio dos picos de enxofre identificados nos espectros e pelo aspecto de películas descontínuas na morfologia da superfície. Os picos de prata, assim como a obtenção de uma coloração com tonalidade alaranjadram indicam a presença de AgNPs.

As análises bactericidas mostraram que as amostras recobertas com o compósito possuiu efeito bactericida a qual foi avaliado por meio do percentual de inibição de crescimento de bactéria. Enquanto os tecidos cobertos apenas com AgNPs (sem carragena) mostraram-se ação bactericida apenas contra *S. Aureus*, atingindo pico de quase 10% de inibição, as amostras de tecido recobertas com o compósito mostraram bactericidas para ambas bacterias. Picos de 5 e 17% de inibição foram alcançados para *S. Aureus* e *E. Coli*, respectivamente. As amostras com compósito mais bactericidas foram encontradas quando se empregaram menores percentuais de carragena e precursor de prata na síntese. Isso pode indicar que um filme mais denso em polissacarídeos pode dificultar a atuação das AgNPs e conseqüentemente diminuir a ação bactericida. Nesse sentido ainda, resultados sempre melhores foram obtidos para amostras produzidas com menores concentrações de precursor de prata (Ag005) pode estar condizente com o fato de que, nessa condição, tem-se aparentemente população maior de AgNPs sintetizadas conforme discutido no tópico 4.3 - Figura 11.

Como perspectiva futura, pretende-se fazer testes com outras condições e concentrações dos reagentes para buscar otimizar o compósito bactericida para que possa ser futuramente aplicado como curativo na área médica.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A química do processamento têxtil. **Química Nova**, n.9, v. 3, p. 320-330, 1995.
- ARAÚJO, M. **Engenharia Têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. v. I, II.
- BALLOTTIN, D. P. M., **Caracterização de nanopartículas de prata e sua aplicação na produção de tecidos antimicrobianos**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2014.
- BORTOLIN, A. et al. Investigação do Processo de Absorção de Água de Hidrogéis de Polissacarídeo: Efeito da Carga Iônica, Presença de Sais, Concentrações de Monômero e Polissacarídeo. **Polímeros**, 2011.
- BRITO, Carlos W. Q. et al. Síntese e caracterização De Hidrogéis Compósitos A Partir De Copolímeros Acrilamida-Acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, p. 40-45, 2013.
- CHANTAINGNIER, G. **Fio a fio: tecidos, moda e linguagem**. São Paulo: Estação das Letras, 2006.
- ELSUPIKHE, R. F., SHAMELI, K., AHAMAD, M. B., IBRAHIM, N. A., ZAINUDIN, N. Green sonochemical synthesis of silver nanoparticles at varying concentrations of κ-carrageenan. **Nanoscale Research Letters**, 2015.
- FECHINE, G. J. M. **Polímeros biodegradáveis: tipos, mecanismos, normas e mercado mundial**. São Paulo: Mackenzie, 2013.
- FERREIRA, A. J. S.; FERREIRA, F. B. N.; OLIVEIRA, F. R. **Têxteis Inteligentes: uma breve revisão da literatura**. Rio de Janeiro: REDIGE, 2014. v. 5.
- FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química Nova**, n. 7, v. 32, p. 1860-1870, 2009.
- GACÉN, J.; GACÉN, I. **Fibras de alta tecnologia**. Universidade Politécnica de Catalunha -Espanha. Tradução: A. S. PACHECO. ABQCT - Química Têxtil, n° 71, 2003.
- GOMES, A. V. S.; COSTA, N. R. V.; MOHALLEM, N. D. S. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química nova escola** – São Paulo-SP, BR. Vol. 38, N° 4, p. 288-296, 2016.

LEE, P. C.; MEISEL, D. **Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols**. *EUA: J. Phys. Chem.*, 86, p. 3391- 1982.

LIU, S. Li, L. Thermoreversible gelation and scaling behavior of Ca²⁺-induced k-carrageenan hydrogels. **Food Hydrocolloids**, n. 61, p. 793 – 800, 2016.

MARINUCCI, G. **Materiais compósitos Poliméricos – Fundamentos e tecnologia**. São Paulo: Artiber Editora, 2011.

MARTINS, A. F. et al. Polyelectrolyte complex containing silver nanoparticles with antitumor property on Caco-2 colon cancer cells. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2015.

MATHER, R. R.; WARDMAN, R. H. The chemistry of textile fibres [Book]. – Cambridge. **The Royal Society of Chemistry**, 2011.

MONTEIRO, J. P. et al. Plasmonic device based on a PAAm hydrogel/gold nanoparticles composite. **Journal of applied polymer science**, 2015.

MOREIRA, M. R. **Natureza das interações celulose-água**. Dissertação de mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

NECAS, J.; BARTOSIOVA, I. Carrageenan: a review. **Veterinarni Medicina**, n. 58, v. 4, p. 187-205, 2013.

PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S. and JARDIM, Wilson F.. **Os nanomateriais e a questão ambiental**. *Quím. Nova* [online]. 2010, vol.33, n.2, pp.421-430.

PEREIRA, L. C. R. T. **Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa**: aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos. Tese de doutorado. Universidade de Coimbra, 2004.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos**: História, tramas, tipos e usos. São Paulo: Senac, 2007.

PROLAB: Disponível em: <<http://www.prolab.com.br>>. Acesso em: 25 de junho de 2018.

PUBCHEM. Disponível em: < <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em 13 de junho de 2018.

SALEM, V. **Tingimento têxtil**: fibras, conceitos e tecnologias. São Paulo: Blucher, 2010.

SÁNCHEZ, J. C. Têxteis inteligentes. **Revista Química Têxtil**, v. 82, 2006.

SENAI. **Manual Técnico Têxtil e Vestuário- Fibras Têxteis**. São Paulo: SENAI MIX DESIGN, 2014. v. 1.

SOUZA, F. A. de; PACHECO, N. M. R. A. C. Funcionalização de materiais têxteis. **Revista Icônica**. Vol. 2 n.1 p 107 – 122, 2016.

TAO X. **Smart fibres, fabrics, and clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

TURKEVICH, J.; STEVENSON, P. C.; HILLIER, J. **A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold**. Inglaterra: Faraday Discussions London, v. 11, p.55, 1951.

YETISEN, A. K. Nanotechnology in Textiles. **ACS nano**, v. 10, p. 3042-3068, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Declaração de autoria

Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: Luana Dumas Cortiço
 CPF: 064.568.889-48 Código de matrícula¹: 1433369
 Telefone¹: (43) 99167-7028 e-mail¹: luana.dumas@utfpr.edu.br
 Curso/Programa de Pós-graduação: Engenharia Têxtil

Orientador: Prof. Dr. Johnny Paulo Monteiro
 Co-orientador: _____
 Data da defesa: 20 de junho de 2018
 Título/subtítulo: Tecido de algodão funcionalizado com nanopartículas de prata visando produção de material biodegradável
 Tipo de produção intelectual: TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

Luana D. Cortiço Assinatura do autor¹ Apucarana, 23 de junho de 2018 Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.
² TCC – monografia de Curso de Graduação.
³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

Instrução Normativa Conjunta 01/2011 – PROGRAD/PROPPG 4

APÊNDICE B – Termo de autorização para publicação de trabalhos de conclusão de curso de graduação e especialização, dissertações e teses no portal de informações e nos catálogos eletrônicos do sistema de bibliotecas da UTFPR

Definição dos objetivos										
Revisão bibliográfica										
Metodologia										
Entrega do TCC I										
Defesa TCC I										
Correções										
Experimentos										
Resultados										
Conclusões										
Entrega TCC										
Defesa TCC II										
Correções										
Entrega Final										

	Concluída
	Em andamento
	Á realizar

Fonte: Autora da pesquisa (2018).

APÊNDICE D - Dados de absorvância média para as amostras de tecido

Tabela 4 - Dados de absorvância média para as amostras de tecido recobertas com AgNPs (sem carragena) obtidos do teste bactericida contra *E. Coli* e *S. Aureus*

Amostra	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
<i>Controle</i>	1,19083	1,57349
<i>TAg005</i>	1,1440	1,4449
<i>TAg02</i>	1,2100	1,4246
<i>TB</i>	1,3004	1,4955

Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Tabela 5 - Dados de absorvância média para as amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs obtidos do teste bactericida contra *S. aureus*

Amostra	Abs (liofilizada)	Abs (in natura)
<i>Controle</i>	1,5024	1,6175
<i>C05</i>	1,5704	1,8471
<i>C05A005</i>	1,4275	1,7730
<i>C05A02</i>	1,4293	1,8586
<i>C1</i>	1,4444	1,8264
<i>C1A005</i>	1,4832	1,8141
<i>C1A02</i>	1,4331	1,9409

Fonte: Autora da pesquisa (2018).

Tabela 6 - Dados de absorvância média para as amostras de tecido recoberto com compósito de filme de carragena/AgNPs obtidos do teste bactericida contra *E. Coli*

Amostra	Abs (Liofilizada)	Abs (in natura)
<i>Controle</i>	1,8454	1,8429
<i>C05</i>	1,8244	1,9142
<i>C05A005</i>	1,5288	1,5415
<i>C05A02</i>	1,8107	1,6601
<i>C1</i>	1,8891	1,9805
<i>C1A005</i>	1,9540	2,0206
<i>C1A02</i>	1,9470	1,6196

Fonte: Autora da pesquisa (2018).