

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUIS KENDI WATANABE

**ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ACABAMENTO
COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA NAOTECIDOS UTILIZADOS EM
FRALDAS GERIÁTRICAS**

APUCARANA

2023

LUIS KENDI WATANABE

**ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ACABAMENTO COM
NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA NAOTECIDOS UTILIZADOS EM
FRALDAS GERIÁTRICAS**

**Analysis of the antibacterial activity of finishing with silver nanoparticles for non-tissues
used in geriatric diapers**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada
como requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof.º Dr. Fabio Alexandre Pereira Scacchetti

Coorientador: Prof.º Dr. Rafael Block Samulewski

APUCARANA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



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:

**ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ACABAMENTO
COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA NAOTECIDOS UTILIZADOS EM
FRALDAS GERIÁTRICAS**

Por

LUIS KENDI WATANABE

Monografia apresentada às 9:30 horas do dia 15 de JUNHO de 2023, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado **APROVADO**.

PROFESSOR FABIO ALEXANDRE PEREIRA SCACCHETTI – ORIENTADOR

PROFESSOR RAFAEL BLOCK SAMULEWSKI – COORIENTADOR

PROFESSORA DAYANE SAMARA DE CARVALHO COLTRE – EXAMINADORA

PROFESSORA FABIA REGINA GOMES RIBEIRO – EXAMINADORA

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor orientador, Fabio Alexandre Pereira Scacchetti e o professor coorientador, Rafael Block Samulewski. Pelo apoio durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Sem ajuda de vocês, não teria conseguido chegar até aqui. Obrigado por acreditar no meu potencial e por ajudar a crescer como profissional.

Agradeço as professoras, Dayane Samara de Carvalho Coltre, Tais Larissa da Silva e Fabia Regina Gomes Ribeiro pela oportunidade de apresentar o presente trabalho, espero ter atendido às suas expectativas. Agradeço também pelas sugestões apresentadas e que certamente irão ajudar a melhorar a minha habilidade.

Ao Laboratório Multiusuário de Apoio à Pesquisa do Campus Apucarana (LAMAP), pelos testes da análise termogravimétrica (TGA) e pelo teste da determinação do diâmetro hidrodinâmico (DH).

Ao Laboratório Multiusuário do Campus Londrina (LabMult-LD), por fazer os testes da microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Ao Laboratório de Química Prebiótica da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela análise da caracterização por Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-ATR).

Agradeço meus avós paternos, Tatsuo e Toki, e meus avós maternos, Masakazu e Yoshii, por tudo o que fizeram por mim. Vocês são as pessoas que mais amo no mundo e são a razão para eu nunca desistir.

Agradeço meus pais, Luiz e Rosa imensamente pela compreensão e o apoio que vocês me deram durante toda a minha vida. Vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Obrigado por tudo.

Agradeço a Jaqueline Pinheiro por sempre estar ao meu lado, me apoiando e me dando forças para continuar. Obrigado por ser a melhor pessoa que eu poderia ter em minha vida.

Agradeço aos amigos, pelo apoio e compreensão durante todo esse período. Espero que possamos continuar contando um com o outro nos momentos difíceis e nos ajudar a superar qualquer obstáculo.

E por fim, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Apucarana, por ter mudado a minha vida de várias maneiras.

RESUMO

As úlceras de pressão, conhecidas popularmente como escaras, ocorrem devido à falta de irrigação sanguínea adequada no corpo, a pressão exercida no tecido subcutâneo pode resultar de fatores como pressão, tensão de cisalhamento, fricção ou compressão. A prevenção é o melhor método para evitar esse tipo de lesão. Idosos e acamados são o grupo que mais sofrem com estas feridas, pela sua falta de mobilidade. A utilização de fraldas geriátricas descartáveis é frequentemente necessária, e com o uso diário, a urina e as fezes em contato com a pele podem ocasionar o aumento da ferida, ocorrendo o aumento da proliferação de bactéria no meio, dificultando a cicatrização da ferida. Baseado nesse contexto, este trabalho teve o objetivo de abordar a aplicação de um acabamento funcional têxtil, utilizando nanopartículas de prata e alginato de sódio pelo processo foulardagem, com o intuito de analisar o não tecido avaliando a capacidade de melhoria da ação antimicrobiana dos materiais, sem influenciar significativamente nas propriedades básicas que a fralda geriátrica já possui. Os resultados obtidos da ação antimicrobiana contra as bactérias *s. aureus* e *k. pneumoniae*, foram positivos, sendo mais satisfatórios para a segunda. Com relação a taxa de absorção das amostras funcionalizadas, foi observado que houve uma piora considerável na absorção, havendo, uma melhora na sua taxa de capilaridade.

Palavras-chave: úlcera de pressão; não tecidos; nanopartícula de prata; alginato de sódio.

ABSTRACT

Pressure ulcers, popularly known as bedsores, occur due to lack of adequate blood supply to the body, the pressure exerted on the subcutaneous tissue can result from factors such as pressure, shear stress, friction or compression. Prevention is the best method to avoid this type of injury. The elderly and bedridden are the group that suffer most from these wounds, due to their lack of mobility. The use of disposable geriatric diapers is often necessary, and with daily use, urine and feces in contact with the skin can cause the wound to enlarge, with an increase in the proliferation of bacteria in the environment, making it difficult for the wound to heal. Based on this context, this work aimed to address the application of a functional textile finish, using silver nanoparticles and sodium alginate through the padding process, with the aim of analyzing the nonwoven, evaluating the ability to improve the antimicrobial action of the materials, without significantly influence the basic properties that the geriatric diaper already has. The results obtained from the antimicrobial action against the bacteria *S. aureus* and *K. pneumoniae*, were positive, being more satisfactory for the second. Regarding the absorption rate of the functionalized samples, it was observed that there was a considerable deterioration in absorption, with an improvement in its capillarity rate.

Keywords: pressure ulcer; nonwovens; silver nanoparticle; sodium alginate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Zonas de maior risco para ocorrer as úlceras de pressão.....	13
Figura 2 - Estágios da úlcera de pressão	14
Figura 3 – Esquema da síntese das nanopartículas de prata.....	20
Figura 4 – Esquema do processo de funcionalização do não tecido.....	21
Figura 5 – Esquema do teste da capacidade de absorção (adaptado)	22
Figura 6 – Teste da amostra da capacidade de absorção.....	23
Figura 7 – Esquema do teste da taxa de capilaridade (adaptado)	24
Figura 8 – Teste da amostra da taxa de capilaridade (adaptado).....	24
Figura 9 - Eletromicrografia obtidas por microscopia eletrônica de varredura do não tecido padrão e o não tecido funcionalizado.	26
Figura 10 - Espalhamento de Luz Dinâmico.....	27
Figura 11 - Espectro do FTIR-ATR.....	28
Figura 12 - Análise TGA e DTG.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do teste de capacidade do tecido padrão.....	29
Tabela 2 - Dados do teste de capacidade do tecido funcionalizado.....	30
Tabela 3 - Dados do teste da taxa de capilaridade	30
Tabela 4 – Análise da redução das bactérias <i>K. pneumoniae</i> e <i>S. aureus</i>.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMO	Associação Brasileira da Indústria de Dispositivos Médicos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AgNO ₃	Nitrato de prata
AgNP	Nano partícula de prata
ATR	Attenuated Total Reflection
ATCC	American Type Culture Collection
DLS	Dynamic Light Scattering
EERP	Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
EPUAP	European Pressure Ulcer Advisory Panel
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
INCA	Instituto Nacional de Câncer
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
OMS	Organização Mundial da Saúde
NBR	Normas Brasileiras
PPPIA	EPUAP e a Pan-Pacific Pressure Injury Alliance
TGA	Thermogravimetric Analysis
UFC	Unidade de formação de colônia
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Justificativa.....	11
1.2	Objetivo	11
1.2.1	Objetivo geral.....	11
1.2.2	Objetivo específico	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Úlceras de pressão	12
2.1.1	Estágio 1: lesão por pressão incipiente (Eritema).....	14
2.1.2	Estágio 2: úlcera por pressão não aberta (Escarificação).....	14
2.1.3	Estágio 3: úlcera por pressão aberta (Ulceração).....	15
2.1.4	Estágio 4: úlcera por pressão profunda (Necrose)	15
2.2	Nanopartículas de Prata	15
2.3	Alginato de sódio	16
2.4	Têxteis aplicados a área médica	16
2.5	Obtenção de têxteis médicos a partir da utilização de acabamentos têxteis	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1	Materiais.....	19
3.2	Métodos	19
3.2.1	Preparo das nanopartículas de prata com alginato de sódio	19
3.2.2	Funcionalização do não tecido.....	20
3.2.3	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	21
3.2.4	Determinação do diâmetro hidrodinâmico (DH)	21
3.2.5	Caracterização por Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-ATR).	21
3.2.6	Análise termogravimétrica da amostra funcionalizada.....	22
3.2.7	Capacidade de absorção e capilaridade da amostra.....	22
3.2.8	Avaliação da bioatividade dos materiais têxteis	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Microscopia eletrônica de varredura	26
4.2	Análise do diâmetro hidrodinâmico das nanopartículas presentes na amostra	27
4.3	Análise da caracterização por Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier.....	28

4.4	Avaliação da análise termogravimétrica da amostra funcionalizada	28
4.5	Capacidade de absorção e taxa de capilaridade do nãotecido funcionalizado	29
4.6	Análise da bioatividade dos nãotecidos funcionalizados	30
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

As úlceras de pressão, também conhecidas como úlceras de decúbito, ou popularmente como escaras, são lesões na superfície da pele e no tecido subjacente causado por fricção, cisalhamento, pressão ou o conjunto delas. O motivo da aparição dessas feridas ocorre pelo fato de o paciente ficar em uma mesma posição durante um longo período de tempo. Alguns fatores podem contribuir para o desenvolvimento da lesão, como a incontinência urinária e fecal, má nutrição, fricção, edema, redução da circulação sanguínea, infecção e a idade avançada (ROGENSKI; SANTOS, 2005).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2010) aproximadamente 95% dessas lesões poderiam ser evitadas com as medidas especiais. A melhor solução para o problema é a prevenção, como aliviar as áreas de pressão que apresentam o maior risco, principalmente no local dos ossos proeminentes, a identificação dos fatores de riscos e a inspeção diária da pele do paciente é primordial (MEDEIROS; LOPES; JORGE, 2009).

Existem quatro principais causas para a aparição das escaras, a pressão de interface onde a pressão elevada sustentada leva a diminuição do fluxo sanguíneo podendo obstruir a passagem do sangue, a pressão de cisalhamento gerada pelo movimento do osso e do tecido subcutâneo com a pele, o atrito, onde a um movimento de uma superfície contra a outra e a umidade que causa a maceração da pele ao seu redor (EPUAP, 2019).

Para evitar essas escaras alguns procedimentos são de grande importância para o cuidado do paciente, a utilização equipamentos, materiais e outros instrumentos, são capazes de monitorar, avaliar e prevenir o aparecimento de escaras (FERNANDES, 2000). O uso de dispositivos têxteis é essencial para aliviar a úlcera de pressão, como por exemplo o uso de colchão piramidal, colchão ortopédico e colchão pneumático, que possuem a função de aliviar a pressão do corpo de forma generalizada. Outros produtos têxteis também auxiliam o bem estar do paciente, como travesseiros, lençóis e fraldas, facilitando a higienização do local e do paciente evitando possíveis proliferações de bactérias (AXISA *et al.*, 2005).

O uso de têxteis classificados como dispositivos médicos teve um crescimento da exportação de mais de 17% no Brasil em janeiro de 2022, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Dispositivos Médicos (ABIMO, 2022). A utilização de acabamento têxtil na área da saúde é essencial, porém é preciso considerar o conforto do paciente alinhado as propriedades do acabamento. Esse contato da superfície do produto com o corpo precisa ser menos abrasivo possível, oferecendo a sensação de suavidade e maciez. Essas características

possuem um papel importante para a criação de um microclima adequado ao redor da pele do usuário (ROHANI SHIRVAN; NOURI, 2020).

Existe uma variedade de aplicações para fibras têxteis na área médica, que inclui a fabricação de produtos para incontinência urinária, produtos cirúrgicos, produtos para cuidados com a pele e produtos ortopédicos, como por exemplo curativos, roupas de compressão e produtos para a falta de controle urinário. Esses materiais podem ser fabricados com diversos tipos de fibras, como algodão, poliéster, nylon, rayon e outros. Os produtos têxteis para a área médica devem ser suficientemente duráveis para serem usadas em aplicações específicas. As fibras devem ser inertes ao tecido humano, não-tóxicas e capazes de resistir a proliferação de bactérias ou outros tipos causadores de danos (CARDOSO, 2009).

Segundo a Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto (EERP, 2014) da USP, o uso de fraldas descartáveis, apesar de importante na assistência diária do paciente acamado, está associado as altas taxas de lesões e infecções durante o tempo de uso. As fraldas acabam por aumentar a temperatura corporal, causando desconforto na região íntima, e promove o contato permanente com a urina, podendo causar infecção urinária e facilitando a proliferação de bactérias e odor.

As fraldas descartáveis são um exemplo de produto têxtil médico, ela precisa ser suficientemente flexível para se adaptar ao corpo, mas também deve suportar o atrito realizado pelo usuário (RAJENDRAN; ANAND, 2002). As fraldas descartáveis com 3 camadas são um tipo comum de fralda que oferecem proteção e absorção adicionais. Cada camada desempenha uma função específica para manter o usuário seco e confortável. É importante ressaltar que a composição das 3 camadas pode variar de acordo com a marca e modelo, sendo separadas pela camada superior, camada absorvente e camada impermeável (ROCHA, 2014).

Na camada superior, é utilizado um material macio e permeável, permitindo a passagem rápida de líquidos para a camada absorvente abaixo, mantendo a superfície de contato seca. A camada do meio representa o núcleo da fralda, refere-se a camada absorvente responsável por absorver e reter líquidos, podendo conter ou não, polímeros superabsorventes que são materiais capazes de transformar os líquidos em um gel espesso, reduzindo a possibilidade de vazamento. E a terceira camada se utiliza um material a prova d'água ou resistente a umidade, impedindo que o líquido absorvido pela camada anterior escape da fralda (ROCHA, 2014).

Embora a utilização de nanopartículas de prata em fraldas geriátricas tenha sido explorada devido às suas propriedades antimicrobianas, a combinação específica com o alginato de sódio é menos comum no mercado atualmente. Ainda assim, existe um potencial

promissor para o desenvolvimento e a comercialização dessa fralda geriátrica no futuro, à medida que a pesquisa e a inovação continuam a impulsionar o avanço tecnológico na área de cuidados geriátricos.

Este presente trabalho avalia a funcionalização da segunda camada de uma fralda geriátrica, composto pela nanopartícula de prata em combinação com o alginato de sódio, com o intuito de auxiliar o controle de infecção da ferida, absorvendo o excesso de umidade, protegendo a área da úlcera de pressão, a fim de desenvolver um produto que traga o conforto e a melhora para o indivíduo.

1.1 Justificativa

Com o envelhecimento populacional os casos de úlceras de pressão vêm aumentando de forma progressiva, especialmente para pessoas acima de 70 anos, causando dores e levando ao desenvolvimento de infecções graves, que podem levar o paciente a internações, e em casos mais severos, a sepse e morte (FREITAS *et al.*, 2011).

A utilização das fraldas geriátricas facilita o cuidado e a higiene dos usuários, principalmente aqueles que possuem mobilidade reduzida. O rápido descarte dos resíduos, aliado à facilidade de colocação e remoção das fraldas, contribui para a manutenção de uma rotina adequada de troca e limpeza, evitando assim o acúmulo de sujeira e a exposição prolongada da pele a agentes irritantes.

Portanto, é crucial que sejam adotadas medidas preventivas eficazes. Como o uso de um agente antibacteriano na composição das fraldas, oferecendo uma solução prática para proteção da pele.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

A proposta deste trabalho foi funcionalizar um tecido têxtil a base de nanopartícula de prata e alginato de sódio, aplicado pelo processo de foulardagem em fraldas descartáveis, a fim de analisar a atividade antibacteriana, sem que o não tecido perca a capacidade básica de absorção.

1.2.2 Objetivo específico

- Funcionalização do não tecido com a aplicação de nanopartícula de prata pelo método de foudardagem utilizando como base o alginato de sódio;
- Caracterização do têxtil pelas técnicas de MEV, DH, FTIR-ATR, TGA;
- Avaliação do material funcionalizado, de acordo com a NBR 13735:2006;
- Avaliação da atividade antimicrobiana utilizando a ASTM E2149, para as bactérias *Staphylococcus aureus* ATCC® 25923TM e *Klebsiella pneumoniae* ATCC® 13883TM.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao realizar um processo é preciso determinar as propriedades importantes que serão agregadas ao substrato, podemos destacar propriedades como a hidrofiliabilidade e retenção de líquidos, assim como ação antimicrobiana e retenção de odor no material. Deve-se levar em conta os benefícios e desvantagens que a funcionalização pode apresentar, sobretudo ao serem colocados em contato com a pele. A seguir será apresentado a revisão bibliográfica do conceito de acabamento têxtil voltado para a área médica.

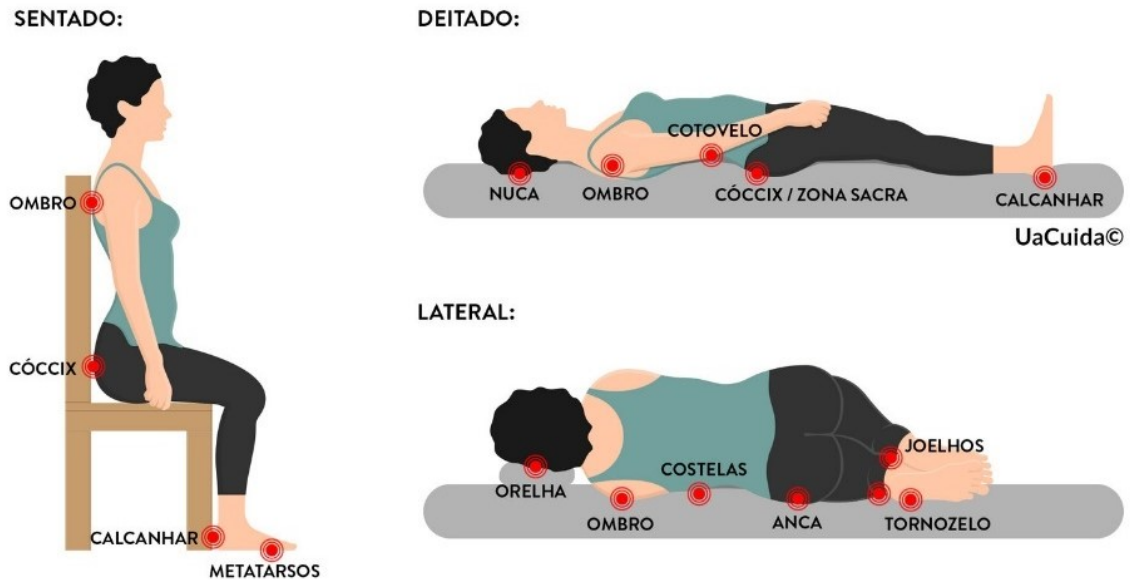
2.1 Úlceras de pressão

Úlceras de pressão, conhecida popularmente como “escaras”, são lesões que afetam o tecido cutâneo e o surgimento dessas feridas é a resposta à falta de irrigação sanguínea adequada, levando o tecido cutâneo a sua destruição parcial ou total. Essas feridas são comuns em idosos, pessoas obesas, e pacientes acamados que, por um longo período são privados de movimentação. A sobrecarga mecânica aplicada nos tecidos moles, normalmente próximos a proeminências ósseas é a principal causa do desenvolvimento da úlcera. O melhor método para evitar esse tipo de lesão acaba por ser a prevenção (EPUAP, 2019). De acordo com a Universidade Amiga das Famílias Cuidadoras, existem 5 forças externas causadoras de lesão, sendo elas a pressão, cisalhamento, compressão, fricção e temperatura/umidade (UACUIDA, 2020).

Para evitar esse tipo de lesão é preciso aliviar os locais de pontos de pressão, particularmente as áreas ao redor dos ossos. A inspeção do paciente e a troca de posição do paciente acamado precisa ser de no mínima uma vez a cada 2 horas, esse cuidado com o paciente é de grande importância, a Figura 1 demonstra as zonas de risco para úlceras de pressão. A utilização de superfícies macias como almofadas, colchões piramidais, mais conhecido como

colchão casca de ovo ajuda na circulação da pessoa, e com isso reduz significativamente a aparição das escaras (GREY; ENOCH; HARDING, 2006).

Figura 1 - Zonas de maior risco para ocorrer as úlceras de pressão
ZONAS DE MAIOR RISCO PARA ÚLCERAS DE PRESSÃO

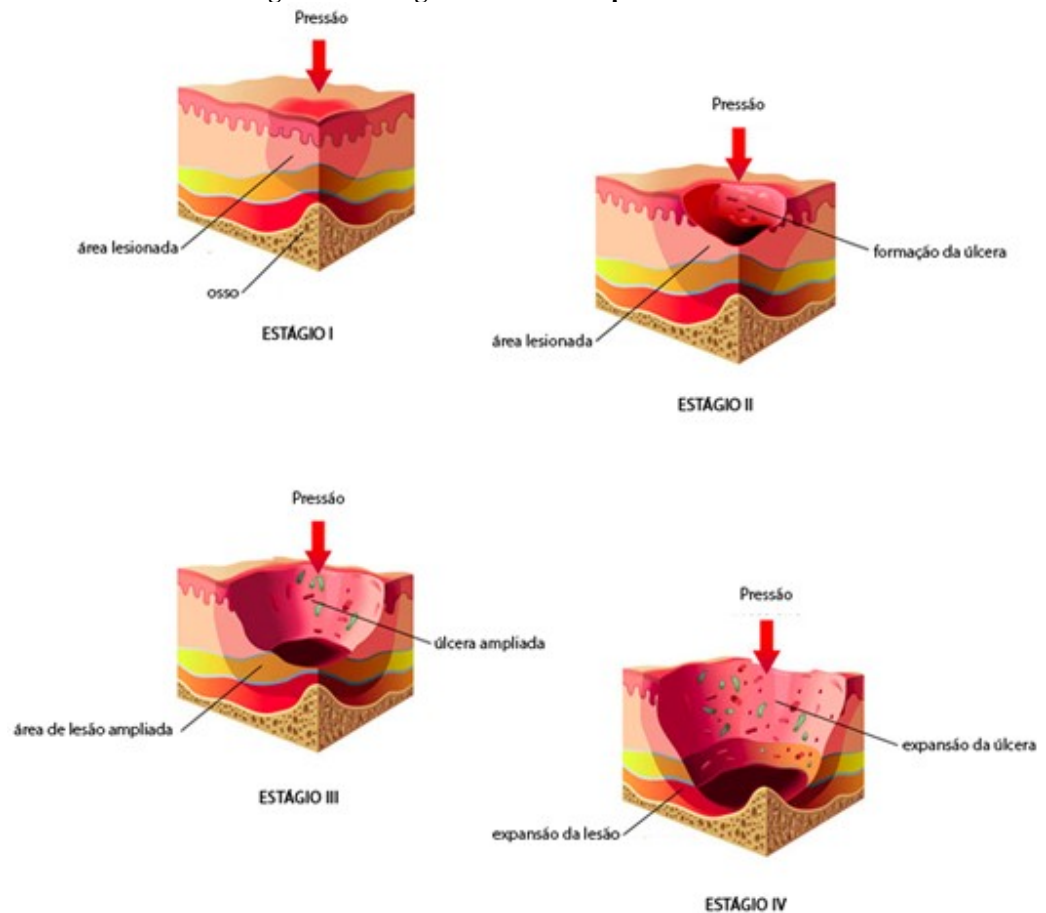


Fonte: UaCuida (2020)

Curativos com agentes antimicrobianos podem ser utilizados no tratamento das lesões, um curativo comum pode manter o ambiente da ferida úmido, o que ajuda na proliferação e migração de fibroblastos e queratinócitos. Os curativos antimicrobianos são classificados em dois grupos, antissépticos e antibióticos. Os antissépticos possuem atividades que podem matar ou inibir bactérias, fungos, protozoários. Já os antibióticos são atóxicos e agem nos locais alvo sem causar dano aos tecidos do usuário (SARHEED *et al.*, 2016).

Uma úlcera por pressão é definida pelo European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP) como “uma lesão de pele ou de tecido subcutâneo causada por pressão, cisalhamento, fricção ou compressão”. Em 2009, a EPUAP e a Pan-Pacific Pressure Injury Alliance (PPPIA) criaram a classificação de lesão por pressão de nível de gravidade, que é utilizada como um guia para o manejo de lesões por pressão. A classificação de lesão por pressão de estágio de gravidade de 2009 é baseada em uma escala de 1 a 4, onde o estágio 1 está no início podendo passar para outros níveis, até a lesão de estágio 4, que pode ser fatal, a Figura 2 apresenta os estágios da úlcera (EPUAP, 2019).

Figura 2 - Estágios da úlcera de pressão



Fonte: Tuasaude (2019)

2.1.1 Estágio 1: lesão por pressão incipiente (Eritema)

Uma lesão por pressão incipiente é uma alteração cutânea que é geralmente reversível, é caracterizada por uma mudança na cor da pele, que pode variar de uma cor clara ou rosada até uma cor brilhante ou escarlate. Também conhecida como eritema pode ser uma das primeiras indicações de risco do paciente, podendo estar acompanhada de um calor local, dor, inchaço, queimação ou formigamento (EPUAP, 2019).

2.1.2 Estágio 2: úlcera por pressão não aberta (Escarificação)

A úlcera por pressão não aberta é uma lesão cutânea que afeta a primeira camada superficial da pele que envolve a epiderme, derme ou as duas camadas, resultando em inchaço, dor, queimação ou formigamento, podendo alterar a coloração da pele de uma cor clara ou rosada podendo acompanhar com um eritema(vermelhidão), nessa fase aparecem bolhas ou crateras pequenas, porém perceptíveis (EPUAP, 2019).

2.1.3 Estágio 3: úlcera por pressão aberta (Ulceração)

A úlcera por pressão aberta é uma lesão que estende através de todas as camadas superficiais da pele com a perda total da espessura do tecido. Nesse estágio já está com um aspecto de cratera, sem a exposição do osso, gerando danos ao tecido subcutâneo, podendo ser profundo (EPUAP, 2019).

2.1.4 Estágio 4: úlcera por pressão profunda (Necrose)

Uma úlcera por pressão profunda é a última fase do desenvolvimento da úlcera, nessa fase o paciente precisará ser tratado no hospital, a úlcera causa a destruição de tecidos moles, a exposição dos ossos e estruturas de articulações. Neste nível o risco de infecção aumenta, pela morte dos tecidos e a produção de secreção, com isso a presença de um cheiro fétido é mais alta (EPUAP, 2019).

2.2 Nanopartículas de Prata

Uma nanopartícula é uma estrutura minúscula composta por átomos, moléculas ou íons organizados em uma escala nanométrica e podem ser compostas por diferentes materiais, como metais, óxidos, polímeros e compostos orgânicos, e sua estrutura molecular pode variar dependendo do material utilizado (WATSON, 2003).

Para ser considerado uma nanopartícula os materiais devem possuir um tamanho entre 1 e 100 nm. Sendo que 1nm é equivalente a um bilionésimo de metro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). Os materiais podem exibir propriedades novas por causa da sua dimensão reduzida ao ponto de não poder observar a sua forma microscópica ou macroscópica (LEE *et al.*, 2012). Essas nanoestruturas têm sido exploradas em várias áreas, como eletrônica, energia, ciência dos materiais e também na medicina (SOUSA *et al.*, 2022).

A nanopartícula de prata é considerada uma das candidatas para o uso de revestimento em dispositivos médicos pela sua propriedade antimicrobiana (RAI; YADAV; GADE, 2009). Quando exposta a um líquido aquoso ou um ambiente de PH adequado, ocorre um processo de dissolução das partículas, que liberam íons de prata, e são altamente tóxicos para uma ampla gama de bactérias, que ao contato com a célula bacteriana leva a uma divisão celular causando a morte das mesmas. A nanopartícula de prata apresentou uma baixa toxicidade em contato com as células humanas (FAGES *et al.*, 2011).

2.3 Alginato de sódio

O alginato é um polissacarídeo natural que ocorre em algas marinhas. Comercialmente as algas marrons (*Phaeophyceae*) são as mais comercializadas. Coletadas em regiões costeiras no mar, seu processo envolve a extração alcalina (RAJENDRAN; ANAND, 2002). Este ingrediente é comum em produtos para cuidados pessoais, como cremes dentais e gel de banho, também pode ser utilizado com espessante e estabilizador de alimentos, tais como gelatina, creme de leite, iogurte e suco de fruta. Ele pode ser encontrado na forma de pó, gel ou líquido (QIN *et al.*, 2018).

Hoje em dia a indústria têxtil está atenta aos processos de modificação de superfície, visto que os produtos desenvolvidos precisam passar por vários processos químicos, o que acarreta um grande consumo de água e energia, sendo prejudicial para o meio ambiente. Devido a essa razão, o alginato foi implementado na indústria, por ele não precisar passar pelos processos químicos, sua utilização se torna mais simples e econômica (LI; HE; HUANG, 2017).

O material contém uma goma polissacarídica hidrossolúvel atóxica, composta por cadeias de monossacarídeos ligados entre si. Suas principais características são a sua alta porosidade, que facilita na passagem de líquidos, sua atividade antibacteriana, auto descontaminação, hidrofiliidade, biocompatibilidade e principalmente o seu poder gelificante, o que o torna uma opção viável para diversos usos diferentes (PARHI; SAHOO; DAS, 2022).

O alginato de sódio é insolúvel em alguns materiais, como o álcool, soluções hidroalcolólicas, solventes orgânicos como clorofórmio, éster e em ácidos onde a sua solução tem o pH menor que 3,0. A viscosidade do material pode aumentar à medida que o pH diminui, ficando entorno do pH 3 - 3,5. As técnicas atuais para o acabamento têxtil utilizando alginato incluem revestimento de nanocompósito, revestimento de reticula iônica e revestimento por camada (BIERHALZ, 2014).

2.4 Têxteis aplicados a área médica

Na área médica, as fibras de origem celulósica são utilizadas pelas suas características absorventes e também pela sua permeabilidade e suporte de agentes microbianos. Na composição dos produtos também podem ser utilizadas as fibras de poliéster e polipropileno, pela sua resistência e baixo custo. Neste tipo de produto é normal a utilização de acabamentos têxteis que proporcionem resistência química e outras características especiais necessárias (GUIMARÃES, 2014).

Os materiais têxteis na área da saúde se tornaram um ramo importante no mercado com alto potencial de desenvolvimento. Para ser considerado um têxtil médico, o artigo têxtil deve possuir uma excelente propriedade física como por exemplo flexibilidade, estabilidade dimensional, alta absorção, resistência, permeabilidade ao ar e líquidos, dentre outras, proporcionando funções específicas dependendo de onde serão utilizados (monitoramento da saúde, higiene, implantes e para tratamentos de lesões). A utilização desse acabamento têxtil deve proporcionar a segurança e conforto para o paciente (OLIVEIRA, 2014).

Altamente utilizados em materiais têxteis médicos, os não tecidos foram criados para ser uma opção mais economicamente viável aos tecidos tradicionais, o objetivo era produzir tanto tecidos mais leves para serem utilizados como entretelas ou para artigos descartáveis, como também tecidos pesados, que possuíssem características semelhantes a tecidos tradicionais. Podem ser utilizadas em sua formação fibras naturais e sintéticas, sendo a aplicação do produto um fator para a escolha, em artigos onde o principal requisito é a absorção, o algodão, a viscose e a polpa de madeira são mais utilizados (MALUF; KOLBE, 2003).

Conforme a norma NBR-13370:2016, não tecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados na direção ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) e combinações destes. Um véu é uma estrutura plana, de fraca coesão e de espessura baixa, formada por um conjunto de fibras ou filamentos disposto ordenadamente ou não, já as mantas, são a sobreposição de um ou mais véus não consolidados (TORRES ,2009).

O processo de consolidação pode ocorrer de forma mecânica, por agulhagem, quando as fibras ou filamentos são entrelaçados por meio da ação de agulhas, por meio da ação de fluidos, quando são utilizados jatos de água à alta pressão para que haja o entrelaçamento ou por costura sem fio. A consolidação química ocorre quando se utiliza uma resina para ligar as fibras, que pode ser aplicada por imersão total ou parcial, aspersão de líquido. Ou pulverização de pó, e até utilizando solventes de uma das fibras que compõe o véu ou manta. Já a consolidação térmica se dá pelo aquecimento da superfície das fibras a uma temperatura próxima e a de fusão, podendo ocorrer por calandragem, radiação infravermelha, pela passagem de ar quente ou por ultrassom (MALUF; KOLBE, 2003).

2.5 Obtenção de têxteis médicos a partir da utilização de acabamentos têxteis

De forma geral, os acabamentos têxteis, são processos físicos ou químicos, podendo trabalhar em conjunto, proporcionando um enriquecimento nas características finais da fibra, como o toque, resistência, aparência e uso. Por consequência, valorizando o artigo final (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014). Os acabamentos podem buscar diversas finalidades, como por exemplo, amaciantes, que concede ao artigo um toque mais agradável, antichama, utilizado para proteção pessoal, antimicrobiano, que visa proteger o substrato de fungos e bactérias, entre outros (SENAI, 2015).

Os acabamentos podem ser classificados como físicos ou químicos. O acabamento físico é um processo realizado quando não se deseja trabalhar com elementos químicos, alterando as propriedades físicas do artigo, esse procedimento normalmente ocorre por ações mecânicas incluindo a secagem. O acabamento químico é a aplicação de elementos que reagem ou não em contato com a fibra. A aplicação de diferentes produtos pode ser preparada em conjunto ou separadamente, deve levar em consideração as características dos componentes (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

O objetivo ao se criar um acabamento funcional têxtil, é produzir um material que possua alguma função especial, além da função básica de um tecido, acentuando ou inibindo alguma de suas características, ou dando uma nova característica ou propriedade ao tecido (MALUF; KOLBE, 2003). Nos têxteis médicos, material como o alginato de sódio vem sendo utilizados como curativos absorptivos para controle de exsudato, líquido produzido como reação a danos nos tecidos e vasos sanguíneos (INCA, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico, será apresentada a descrição dos procedimentos experimentais a serem utilizados para a funcionalização da camada de não tecido.

3.1 Materiais

Para os testes foi utilizada como base uma fralda descartável simples de 3 camadas, sendo a primeira de polipropileno, seguido pela camada absorvente do não tecido e por fim, a camada impermeável de filme de polietileno. A funcionalização ocorreu na segunda camada da fralda geriátrica, a camada do não tecido para camuflar o aspecto amarronzado da funcionalização que pode não agradar o usuário esteticamente.

Os produtos utilizados para o preparo da solução, alginato de sódio, nitrato de prata, gelatina, ácido ascórbico e glutaraldeído disponibilizados pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana.

3.2 Métodos

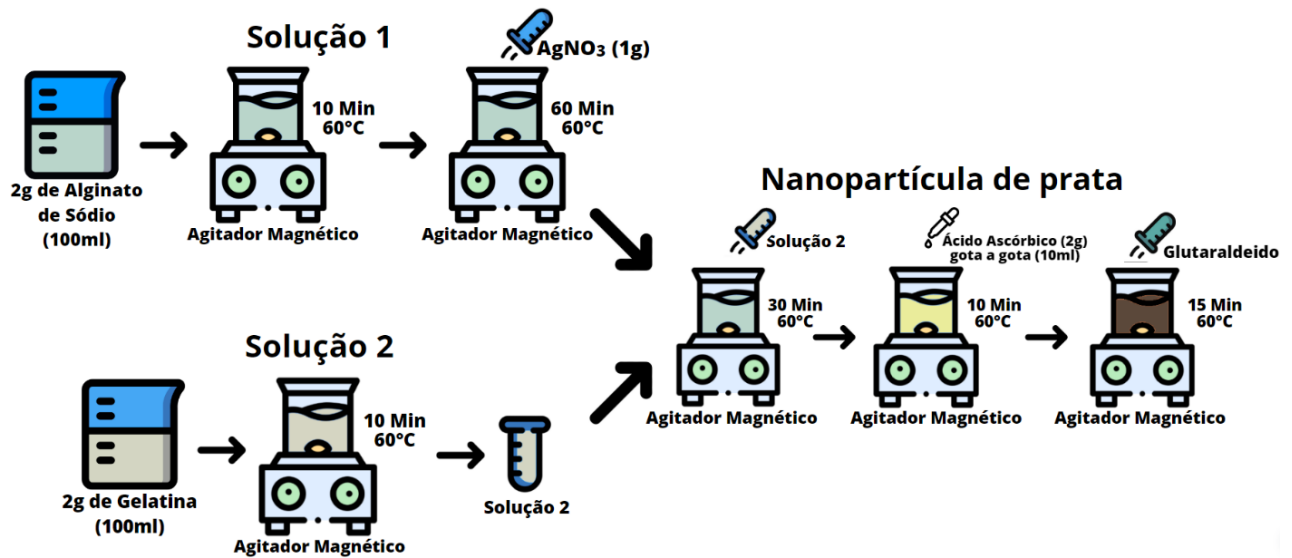
3.2.1 Preparo das nanopartículas de prata com alginato de sódio

Para a solução 1 foi adicionado ao primeiro *becker* 2g de alginato de sódio em 100 ml de água destilada, que foi levado a um agitador magnético a uma temperatura de 60 ± 2 °C por 10 minutos. Em seguida acrescentou-se 1g de AgNO_3 nessa solução, a mesma temperatura por 60 minutos. Para a solução 2 em outro *becker* colocou-se 2g de gelatina em 100 ml de água destilada, novamente utilizando o agitador magnético por 10 minutos a uma temperatura de 60 ± 2 °C.

Com as duas soluções prontas, despejou-se a solução 2 dentro do *becker* da solução 1 que foi colocado em agitação por 30 minutos a 60 ± 2 °C, até a solução se tornar homogênea. Após, foi adicionado, com o auxílio de um conta gotas, 2g de ácido ascórbico em 10 ml de água destilada pouco a pouco utilizando o processo de gotejamento mantendo em agitação por 10 minutos a 60 ± 2 °C.

No processo de gotejamento a solução com cor amarela se tornou uma cor mais amarronzado, indicando a formação de AgNPs. Por fim, adicionou-se 2 g de glutaraldeído a solução resultante, agitando por mais 15 minutos a 60 ± 2 °C. Após o processo de gotejamento com as duas soluções prontas, despejou-se a solução 2 dentro do *becker* da solução 1 que foi colocado em agitação por 30 minutos a 60 ± 2 °C, até a solução se tornar homogênea. O teste foi realizado de acordo com a Figura 3.

Figura 3 – Esquema da síntese das nanopartículas de prata



Fonte: Autor (2023)

3.2.2 Funcionalização do nãotecido

Para a funcionalização no nãotecido, foi realizada a diluição da solução de AgNPs com água destilada para uma proporção de 1:15 em um *becker*. A amostra de nãotecido foi submersa nesta solução, em seguida passou por uma espremedura no *foulard* (TC 2030, TEXCONTROL) a uma pressão de 2 kgf/cm², sendo pesado, em seguida, a amostra. Logo após a amostra foi levada para secagem em rama por 3 minutos a uma temperatura de 80 ± 2 °C de acordo com a Figura 4. Foram preparadas 6 amostras obtendo um *pick-up* médio de 112 %.

Para calcular o *pick-up* utilizou-se a fórmula:

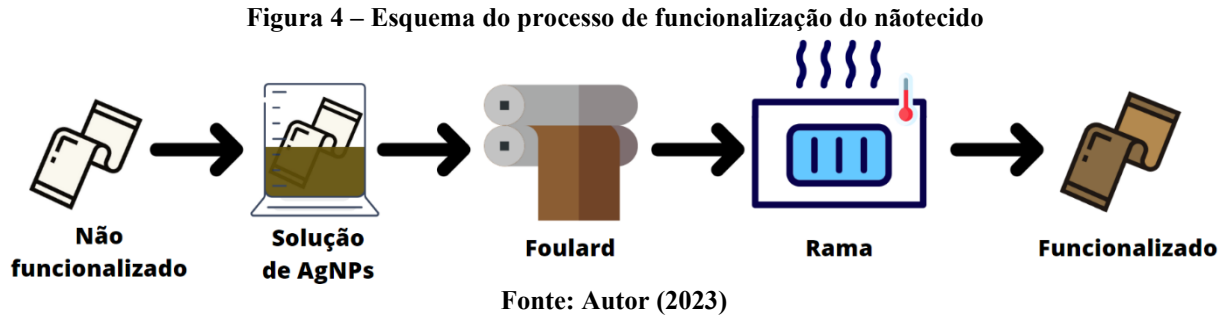
$$Pick - up(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

Onde:

Pick-up % = Quantidade de líquido retida no substrato após a espremedura;

P₁ = Média do peso seco em gramas;

P₂ = Média do peso úmido em gramas.



3.2.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram realizadas no Laboratório Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina (LabMulti-LD), no microscópio da Marca Tescan Modelo Vega 3. As amostras fixadas ao suporte com fita de carbono e metalizadas com ouro. As imagens geradas serão usadas para verificar a morfologia e quantidade de ancoragem do acabamento de superfície (DEDAVID *et al.*, 2007).

3.2.4 Determinação do diâmetro hidrodinâmico (DH)

O diâmetro hidrodinâmico (DH) da amostra foi determinado por Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS, Dynamic Light Scattering), uma ferramenta que determina a distribuição de tamanho de partículas pequenas em solução (HYPPOLITO *et al.*, 2005). Foram feitos em um analisador de partículas Litesizer™ 500 da Anton Paar. A medida foi realizada em temperatura de 25 °C.

3.2.5 Caracterização por Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-ATR).

O espectro FTIR é utilizado para realizar a caracterização de polímeros, identificando suas características estruturais. Além de determinar semi-quantitativamente os componentes presentes em uma amostra ou mistura (AFINKO, 2018). Os espectros das amostras foram obtidos em espectrofotômetro Spectrum 100, Perkin Elmer com resolução de 4 cm⁻¹. Os espectros foram obtidos na faixa de comprimento de onda de 400 a 4000 cm⁻¹, para 100 varreduras por análise).

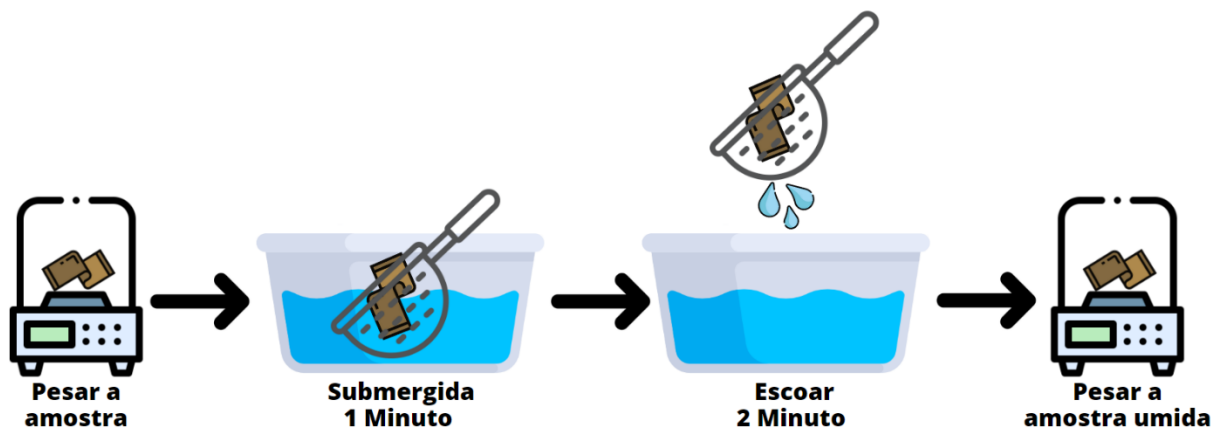
3.2.6 Análise termogravimétrica da amostra funcionalizada

As análises termogravimétricas (TGA) foram realizadas no Laboratório Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Apucarana, no equipamento TGA-50 da Shimadzu. Em cada análise foram utilizados 7 mg de amostra, que foram aquecidos entre 30 °C e 600 °C a uma taxa de 10 °C/min e sob atmosfera de argônio 50 mL/min.

3.2.7 Capacidade de absorção e capilaridade da amostra

O teste foi realizado conforme a NBR 13735 Não-tecido – Determinação da absorção com adaptações necessárias. Esses testes definem os métodos de avaliação da absorção de não-tecidos na presença de líquidos, levando em consideração o tempo de absorção, a capacidade de retenção de líquidos e a taxa de capilaridade. O teste da capacidade da absorção foi realizado de acordo com a Figura 5.

Figura 5 – Esquema do teste da capacidade de absorção (adaptado)



Fonte: Autor (2023)

Para o teste da capacidade de absorção utilizou-se o cortador de amostras de gramatura manual, obtendo um total de 12 amostras, cada amostra foi individualmente pesada. Foram realizados 2 testes similares, com cada experimento utilizando 6 amostras. O primeiro teste realizou-se com o não-tecido padrão, e o segundo com não-tecido funcionalizado. No teste 2 passaram pelo processo do *foulard* sob uma pressão de 2 Kgf/cm² e depois pela rama (LTE-B, MATHIS) por 3 minutos a uma temperatura de 80 °C.

Utilizando um recipiente com água destilada suficiente para cobrir a peneira, a mesma foi submergida por 1 minuto em uma profundidade de pelo menos 5 cm com as amostras presas no centro da peneira com o auxílio de 4 clips, certificando que a amostra não terá bolhas ao ser

mergulhada. Após 1 minuto a peneira foi retirada deixando-a na vertical por 2 minutos para escoar, em seguida a amostra foi pesada.

Figura 6 – Teste da mostra da capacidade de absorção



Fonte: Autor (2023)

Para o cálculo da capacidade de absorção utilizou-se a seguinte equação (1):

$$CAP\% = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

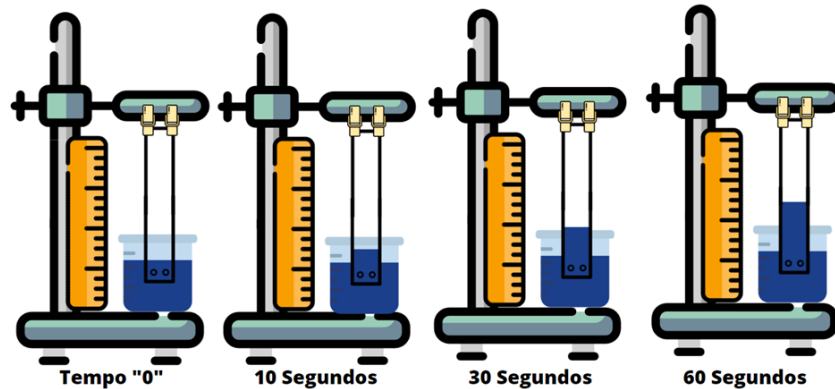
CAP% = A capacidade de absorção, em porcentagem;

P₁ = Média do peso seco em gramas;

P₂ = Média do peso úmido em gramas.

Para a preparação do teste da taxa de capilaridade, montou-se o suporte horizontal apoiando na haste uma régua, pendurando no dispositivo ajustável um suporte vertical onde foi utilizado 2 prendedores para segurar as amostras verticalmente, de acordo com a Figura 7.

Figura 7 – Esquema do teste da taxa de capilaridade (adaptado)

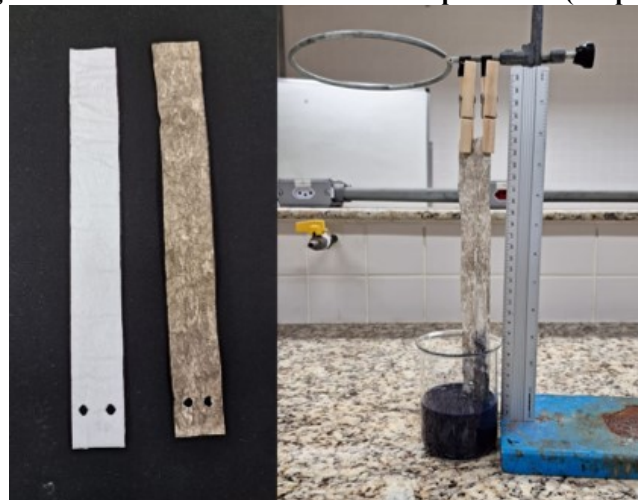


Fonte: Autor (2023)

Em um *becker*, foi acrescentado água destilada e corante azul para a melhor visualização do processo. Para o preparo das amostras foram utilizadas 12 amostras cortadas em tiras (25 x 3 cm) com 2 orifícios perfurados de 0,5 cm a uma distância de 0,5 cm de uma das extremidades colocando um clip, utilizado como um peso preso no buraco da extremidade, deixando a amostra o mais reto possível, foram realizados 2 testes similares, sendo, 6 tiras para o nãotecido padrão e 6 para o nãotecido acabado.

Para a realização do processo foi utilizado o suporte, prendendo o nãotecido nos pregadores deixando alinhado o ponto zero da régua com a ponta inferior do nãotecido. O nível da água precisou estar a 1,5 cm acima do tecido para a absorção do líquido. Ao colocar o nãotecido na água, com a ajuda de um cronômetro foi feito a medição visual nos tempos 10s, 30s e 60s, anotando quantos centímetros o nãotecido conseguiu absorver nos tempos estipulados.

Figura 8 – Teste da amostra da taxa de capilaridade (adaptado)



Fonte: Autor (2023)

3.2.8 Avaliação da bioatividade dos materiais têxteis

A atividade antibacteriana dos tecidos foram realizadas no Laboratório Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Apucarana. Foi avaliada mediante adaptação da ASTM E2149 - Método de Teste Padrão para Determinação da Atividade Antimicrobiana de Agentes Antimicrobianos Imobilizados sob Condições Dinâmicas. O método foi aplicado para as bactérias *Staphylococcus aureus* ATCC® 25923TM e *Klebsiella pneumoniae* ATCC® 13883TM.

Para a realização do teste, uma nova cultura de bactérias em Caldo (TSB) estéril foi ativada por 24 horas a $37 \pm 2^\circ\text{C}$.

Após, a cultura foi diluída em solução tampão estéril (PBS) a concentração aproximada de $1,5-3,0 \times 10^5$ UFC mL⁻¹ (0,5 McFarland). As amostras 1g esterilizadas por radiação ultravioleta (UV), foram colocadas em um frasco e inoculadas com a suspensão de microrganismos com o volume de 50 mL em um *shaker* com a temperatura de $37 \pm 2^\circ\text{C}$ por 1h e imediatamente diluídas em série, as amostras foram semeadas em ágar PCA (em duplicata).

Como controle positivo inóculo no tempo “0” e também a amostra têxtil sem funcionalização, a mesma concentração de UFC mL⁻¹ foi diluída em série e posteriormente houve a contagem de placas padrão. Os resultados foram expressos em média de UFC mL⁻¹. A porcentagem de redução e redução do *log* bacteriano foi determinada de acordo com as seguintes equações:

$$\text{Redução \% (UFC/mL)} = \frac{(B - A)}{B} * 100 \quad (2)$$

$$\text{Log}_{10}\text{Redução de Bactérias} = \text{Log}_{10}(B) - \text{Log}_{10}(A) \quad (3)$$

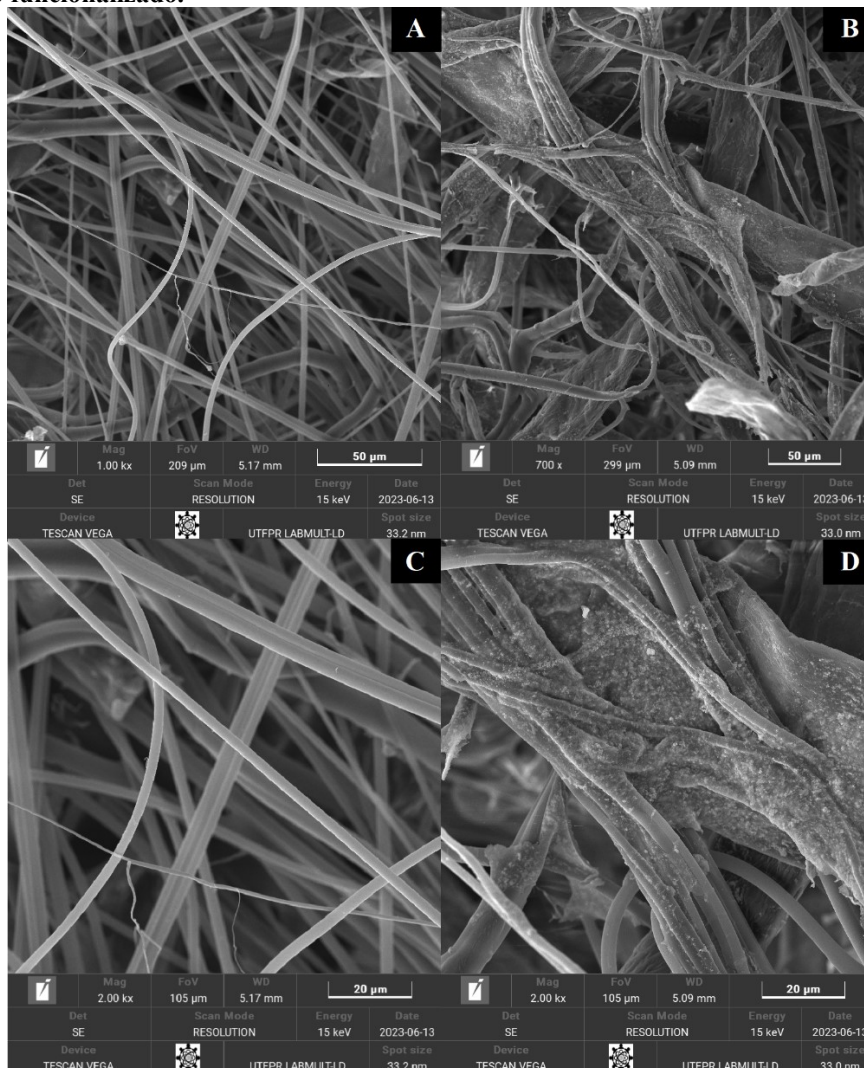
Onde, A indica o número de UFC mL⁻¹ para o frasco contendo a amostra têxtil com acabamento após o tempo de contato 1h e B representa o número de UFC mL⁻¹ para o “inóculo somente” no tempo “0”. Como resultado, as médias dos valores obtidos na amostra com a contagem realizada de acordo com o método de contagem em placa de ágar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Microscopia eletrônica de varredura

Foi possível observar na Figura 9, em A e C, a amostra de não-tecido padrão em duas escalas, e na Figura 9, em B e D, a amostra do não-tecido funcionalizado, onde foi visto a interação das nanopartículas de prata com alginato de sódio sobre a superfície das fibras. Também é possível observar um filme fino de alginato de sódio contendo as nanopartículas de prata aderidas à superfície das fibras.

Figura 9 - Eletromicrografia obtidas por microscopia eletrônica de varredura do não-tecido padrão e o não-tecido funcionalizado.



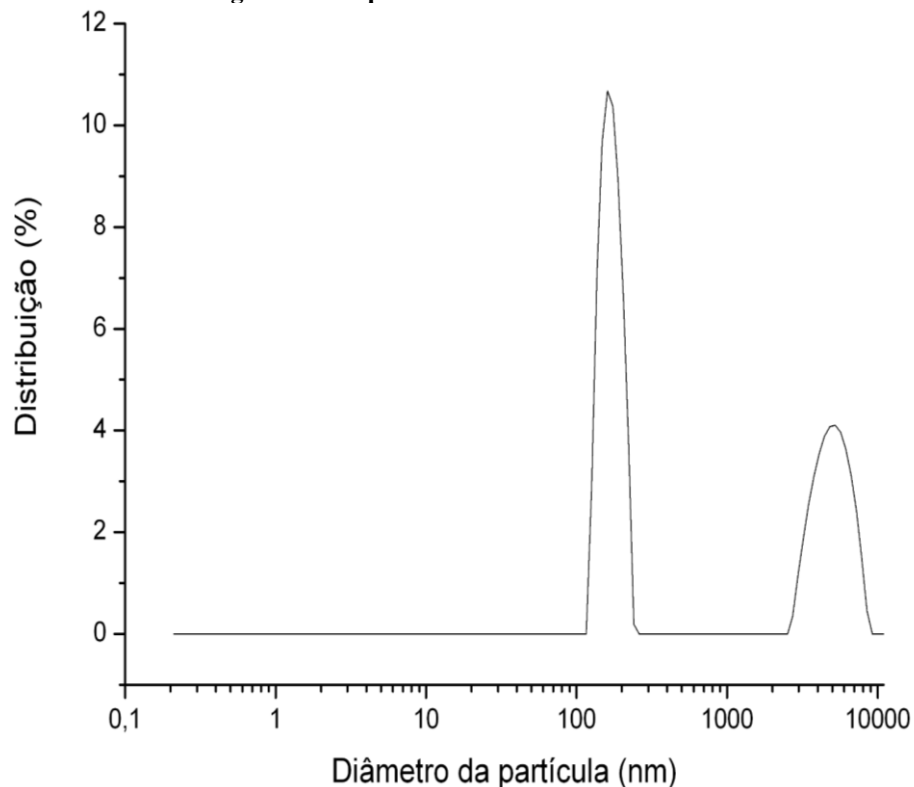
Nota: A - tecido padrão: escala 50µm, B - tecido funcionalizado: escala 50µm, C - tecido padrão: escala 20µm, D - tecido funcionalizado: escala 20µm.

Fonte: Autor (2023)

4.2 Análise do diâmetro hidrodinâmico das nanopartículas presentes na amostra

O resultado de DLS exibiu uma distribuição bimodal, por essa razão existem dois picos com duas populações de tamanhos diferentes, cada um dos picos presentes na Figura 10 é considerado partículas de tamanhos diferentes predominantes. Isso ocorreu pela mistura de partículas de origens diferentes ou pela aglomeração de uma partícula, sendo a nanopartícula de prata responsável pelo primeiro pico e o alginato de sódio pelo segundo (MAHL et al., 2011).

Figura 10 - Espalhamento de Luz Dinâmico



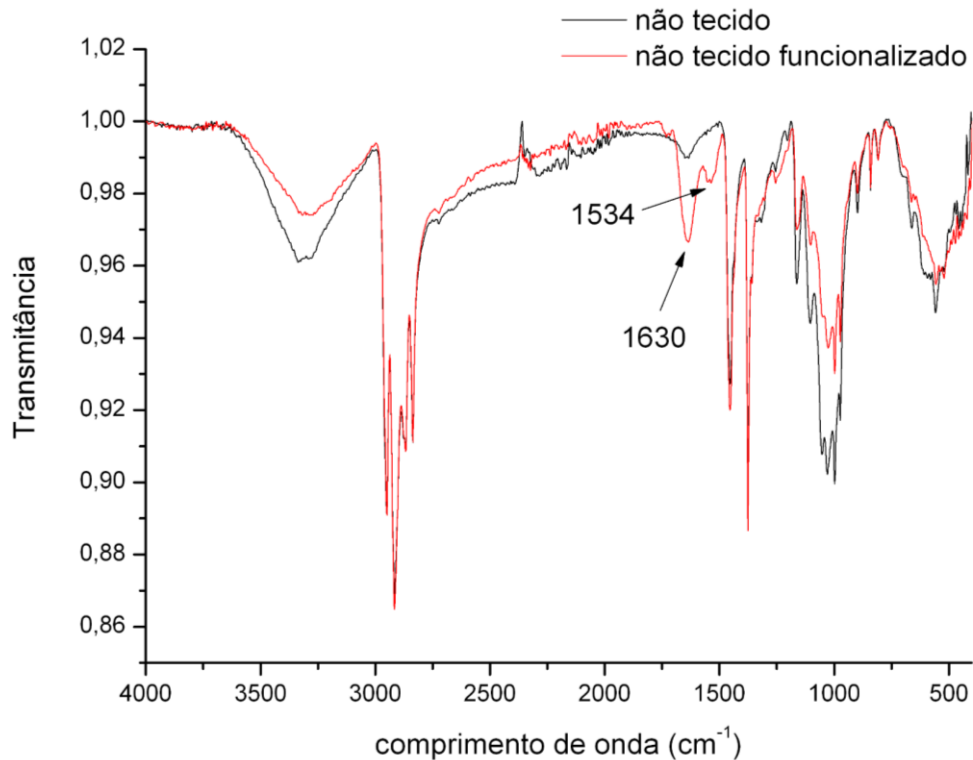
Fonte: Autor (2023)

O resultado demonstra um pico de 169,40 nm e o menor de 5097 nm. Segundo Mahl *et.al.* (2011) as AgNPs devem possuir um diâmetro de 124 ± 50 nm. Sendo assim, pode-se afirmar que o pico 1 ocorre devido a presença de AgNPs na amostra analisada, e o pico 2 ocorreu possivelmente pela aglomeração do alginato de sódio. Neste processo houve o aparecimento de polidispersividade por possuir mais de uma família, significando que a síntese ocorreu de maneira menos satisfatória (MENDES *et al.*, 2014).

4.3 Análise da caracterização por Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier

Na Figura 11, são apresentados os espectros obtidos por meio da técnica FTIR-ATR para a amostra analisada. Os espectros fornecem informações sobre as bandas de absorção características dos diferentes grupos funcionais presentes nos materiais, destacando-se os picos e regiões de interesse. Além disso, uma descrição detalhada das principais características espectrais observada (PAVIA et al., 2010).

Figura 11 - Espectro do FTIR-ATR



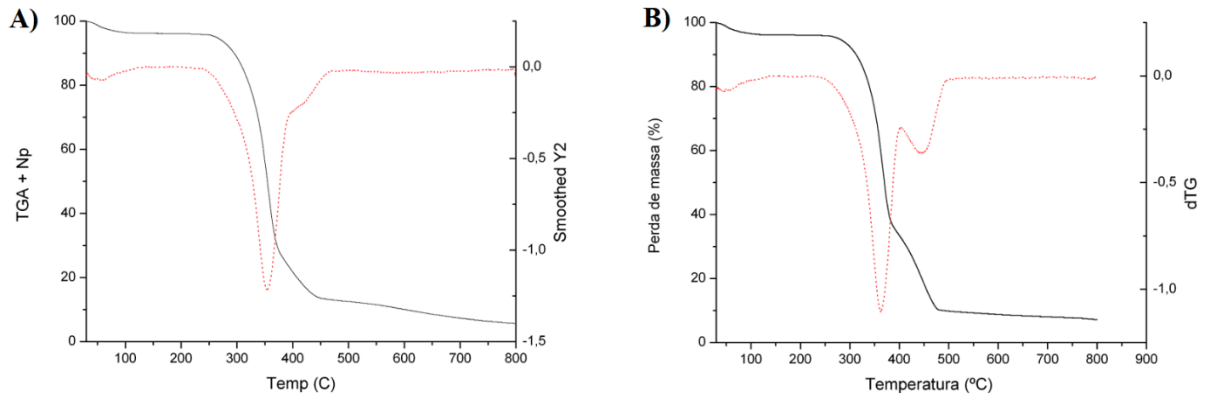
Fonte: Autor (2023)

Observou-se a existência de duas bandas características após a funcionalização dos tecidos, se nota a vibração de alongamento assimétrica do grupo carboxilato, observadas nas regiões de 1534 cm^{-1} – 1630 cm^{-1} . De acordo com Lucas (2007) e Daemi; Barikani (2012), essas características são pertencentes ao alginato de sódio.

4.4 Avaliação da análise termogravimétrica da amostra funcionalizada

A análise termogravimétrica e a derivada da análise termogravimétrica foram utilizadas para investigar a degradação oxidativa do material, sendo o DTG a derivada do TGA, que ao trabalhar em conjunto aumenta a precisão dos resultados e melhora a análise completa das propriedades térmica e degradação do material (YAHIAOUI et al., 2015).

Figura 12 - Análise TGA e DTG



Fonte: Autor (2023)

A Figura 12, A, apresentou dois estágios, entre 50°C e 140°C, esse primeiro estágio ocorreu pela evaporação da umidade presente no material, já 260°C a 465°C houve a degradação térmica. Na Figura 12, B, apresentou degradação térmica em 3 estágios 45°C e 105°C devido a umidade do material, de 215°C a 515°C teve a degradação térmica e 410°C a 475°C houve uma degradação da solução de nano partícula de prata com o alginato de sódio (BACHELIER; GOURLOT, 2018).

4.5 Capacidade de absorção e taxa de capilaridade do não tecido funcionalizado

No teste da capacidade de absorção foi observada uma diminuição considerável na absorção da água destilada de acordo com a Tabela 1 e Tabela 2. Sendo que a amostra padrão absorveu 948,39% comparado a seu tamanho inicial, e a funcionalizada absorveu 637,71%, a amostra funcionalizada obteve uma diminuição de 310,68% na sua capacidade de absorção comparando a amostra padrão. Ocorreu pela alta concentração da solução de AgNP no não tecido, obstruindo os poros do não tecido, dificultando a entrada do líquido na amostra funcionalizada.

Tabela 1 - Dados do teste de capacidade do tecido padrão

Amostras	Tecido Padrão (g)	Tecido Umido (g)	Absorção (%)
1	1,11	11,28	918,70
2	1,25	13,73	994,66
3	1,08	11,09	929,53
4	1,18	12,19	937,11
5	1,25	13,04	939,87
6	1,24	13,23	970,47
		Média	948,39

Fonte: Autor (2023)

Tabela 2 - Dados do teste de capacidade do tecido funcionalizado

Amostras	Tecido Funcionalizado (g)	Tecido Umido (g)	Absorção (%)
1	1,15	8,40	630,87
2	1,22	9,16	650,57
3	1,25	9,36	648,28
4	0,86	6,26	630,81
5	0,94	6,87	628,98
6	0,931	6,86	636,73
		Média	637,71

Fonte: Autor (2023)

Foi possível observar, como mostrado na Tabela 3, um ligeiro aumento da taxa capilaridade na amostra funcionalizada, tendo uma melhora de 14,13% no tempo de 10 segundos, 8,75% em 30 segundos e 2,24% em 60 segundos. Esse aumento ocorreu pelo fato de que na solução da amostra foi adicionado alginato de sódio, que melhora a absorção do nãotecido (LIMA *et al.*, 2007).

Tabela 3 - Dados do teste da taxa de capilaridade

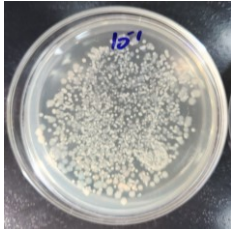
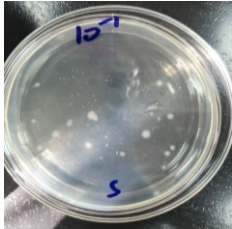
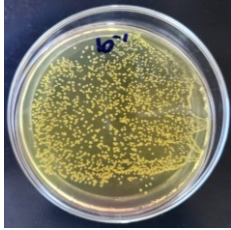
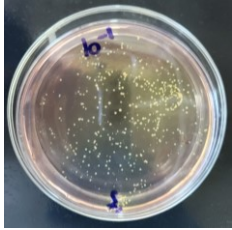
Tecido Padrão			Tecido Funcionalizado		
Amostras	Tempo	Centímetro	Amostras	Tempo	Centímetro
1	Tempo (10s)	3	1	Tempo (10s)	3,6
	Tempo (30s)	4,5		Tempo (30s)	5,2
	Tempo (60s)	5,5		Tempo (60s)	6,1
2	Tempo (10s)	2,7	2	Tempo (10s)	3,0
	Tempo (30s)	4,1		Tempo (30s)	4,9
	Tempo (60s)	5,6		Tempo (60s)	6,1
3	Tempo (10s)	2,3	3	Tempo (10s)	3,1
	Tempo (30s)	4,6		Tempo (30s)	4,9
	Tempo (60s)	6,3		Tempo (60s)	5,6
4	Tempo (10s)	3,1	4	Tempo (10s)	3,4
	Tempo (30s)	4,9		Tempo (30s)	4,7
	Tempo (60s)	5,6		Tempo (60s)	5,9
5	Tempo (10s)	2,8	5	Tempo (10s)	3,2
	Tempo (30s)	5,1		Tempo (30s)	5,0
	Tempo (60s)	6,1		Tempo (60s)	5,9
6	Tempo (10s)	3,1	6	Tempo (10s)	3,1
	Tempo (30s)	4,2		Tempo (30s)	5,1
	Tempo (60s)	5,7		Tempo (60s)	6,0
MÉDIA	Tempo (10s)	2,83	MÉDIA	Tempo (10s)	3,23
	Tempo (30s)	4,57		Tempo (30s)	4,97
	Tempo (60s)	5,80		Tempo (60s)	5,93

Fonte: Autor (2023)

4.6 Análise da bioatividade dos nãotecidos funcionalizados

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise de atividade antimicrobiana. É possível observar que houve uma redução no crescimento das bactérias analisadas. Esse processo ocorre devido ao fato de quando o agente entra em contato com a bactéria, ele reage com o seu DNA, atacando a parede celular, afetando a divisão celular e a cadeia respiratória, fazendo com que ocorra a morte das células (LIMA *et al.*, 2007).

Tabela 4 – Análise da redução das bactérias *K. pneumoniae* e *S. aureus*

	N. de bactérias (UFC mL ⁻¹) tempo “0”	N. de bactérias (UFC mL ⁻¹) tempo “1h”	Redução Logarítmica	Redução (%)
<i>K. pneumoniae</i>	2.7x10 ⁵	1.9x10 ³	2.15	99.33
				
<i>S. aureus</i>	3.45x10 ⁵	5.45x10 ⁴	0.80	84.20
				

Nota: Fotos selecionadas de placas de cultura de células usadas em testes antimicrobianos via contagem de UFC para amostras diluídas após 24 h com diluição de 10¹.

Fonte: Autor (2023)

De acordo com os resultados obtidos, a *K. pneumoniae* obteve o melhor resultado, demonstrando uma redução de 99,33% do crescimento das bactérias. E para a *S. aureus* houve uma redução menor, de 84,20%. Uma possível explicação para esta divergência na eficácia das AgNPs é a diferença na estrutura das membranas das bactérias Gram-positivo e Gram-negativo. Acredita-se que a diminuição da eficácia para a *S. aureus*, esteja ligada a este fator, que a faz mais resistente em comparação ao outro microrganismo (KIM *et al.*, 2007).

Com base nestes dados, é possível afirmar que a funcionalização do nãotecido com AgNPs e alginato de sódio é eficaz na redução do crescimento das bactérias. Sendo os resultados da funcionalização do nãotecido com a nanopartícula satisfatórios, pois foi possível observar a presença de íons de prata, que realizaram a ação bactericida contra as bactérias presentes na amostra (LIMA *et al.*, 2007).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que, houve uma boa funcionalização do nãotecido, onde foi possível visualizar através do MEV, a presença da nanopartícula de prata com o alginato de sódio impregnado na superfície das fibras.

No DH foi visto a presença de dois picos, sugerindo a ocorrência de polidispersividade na amostra. Essa falta de uniformidade pode ser resultado de uma síntese menos satisfatória, em que as condições de reação não foram otimizadas para produzir partículas de tamanho uniforme.

Os testes da taxa de capilaridade da amostra funcionalizada obtiveram uma ligeira melhora no resultado da amostra funcionalizada, já a capacidade de absorção não ocorreu como o desejado, tendo ocorrido uma queda considerável na absorção quando comparada a amostra funcionalizada a amostra padrão.

A análise da ação antibacteriana demonstrou resultados satisfatórios, sendo que, houve uma melhor redução do crescimento da bactéria *K. pneumoniae* do que da bactéria *S. aureus*.

Para melhores resultados sugere-se analisar as diferentes concentrações da solução, visando a manutenção da ação bacteriana e melhorando as propriedades absorptivas. Os efeitos de diferentes condições de trabalho durante a execução dos experimentos, como a falta de equipamentos adequados e do controle da umidade e temperatura no processo devem ser levados em conta.

Pontos importantes a serem observados em resultados futuros, são a realização de estudos para avaliar a segurança desses materiais funcionalizados, considerando os possíveis efeitos adversos no meio ambiente e na saúde humana.

REFERÊNCIAS

- AFINKO Soluções em Polímeros. **FTIR**: entenda como a vibração entre diferentes ligações atômicas podem nos dar informações preciosas sobre os materiais poliméricos, 2018. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-analise-de-ftir/>. Acesso em: 08 nov. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13735**: Não tecido – Determinação da absorção. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- AXISA, F. et al. Flexible Technologies and Smart Clothing for Citizen Medicine, Home Healthcare, and Disease Prevention. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, v. 9, n. 3, p. 325–336, set. 2005.
- BACHELIER, B.; GOURLOT, J.-P. **A fibra de algodão parte 2**. Em: Manual de qualidade da fibra. 2. ed. Cuiabá: IMAmt, 2018.
- BIERHALZ, ANDRÉA CRISTIANE KRAUSE. **Desenvolvimento de biofilmes de alginato impregnados com natamicina e aferição de seu potencial antimicótico**. 2014. Tese de Doutorado. Ph. D thesis, Universidade Estadual De Campinas, Campinas.
- CARDOSO, Sergio Gomes. **Estudo das propriedades mecânicas e dos mecanismos de fratura de fibras sintéticas do tipo náilon e poliéster em tecidos de engenharia**. 2009. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2009. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Sergio%20Gomes%20Cardoso_D.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.
- DAEMI, H.; BARIKANI, M. **Synthesis and characterization of calcium alginate nanoparticles: sodium homopolymannuronate salt and its calcium nanoparticles**. **Scientia Iranica**, v. 19, n. 6, p. 2023–2028, dez. 2012.
- DEDAVID, Berenice Anina et al. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60 p.
- DRURY, J. L.; DENNIS, R. G.; MOONEY, D. J. **The tensile properties of alginate hydrogels**. *Biomater.* v. 25, p. 3187-3199, 2004. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/biomaterials> >. Acesso em: 4 junho 2023.
- EPUAP (European Pressure Ulcer Advisory Panel) – **Prevention and Treatment of Pressure Ulcer/Injuries: Clinical Practice Guideline**. The international Guideline 2019. [s.n],2020.
- FAGES, E. et al. **Study of antibacterial properties of polypropylene filled with surfactant-coated silver nanoparticles**. *Polymer Engineering & Science*, v. 51, n. 4, p. 804–811, abr. 2011.
- FERNANDES, L. M. **Úlcera de pressão em pacientes críticos hospitalizados**. Uma revisão integrativa da literatura. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 13 abr. 2000.

FREITAS, M. C. DE et al. **Úlcera por pressão em idosos institucionalizados: análise da prevalência e fatores de risco.** Revista Gaúcha de Enfermagem, v. 32, n. 1, p. 143–150, mar. 2011.

GAMBA, M. A.; PETRI, V.; COSTA, M. T. F. **Feridas: prevenção, causas e tratamentos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda, 2016.

GREY, J. E.; ENOCH, S.; HARDING, K. G. **ABC of wound healing Pressure ulcers.** BMJ, v. 332, p. 472–475, 25 fev. 2006.

GUIMARÃES, B. M. **Estudo das características físico-químicas de fibras têxteis vegetais de espécies de malvaceae.** 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Têxtil, Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, 2014. Cap. 1.

Hyppolito, M. A., Oliveira, A. A. de, Lessa, R. M., & Rossato, M. (2005). **Otoproteção da amifostina aos efeitos ototóxicos da cisplatina: estudo em cobaias albinas por emissões otoacústicas produtos de distorção e microscopia eletrônica de varredura.** *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 71(3), 268–273. <https://doi.org/10.1590/S0034-72992005000300002>

INCA (Instituto Nacional de Câncer). Ministério Da Saúde. **Tratamento e controle de feridas tumorais e úlceras por pressão no câncer avançado.** Rio de Janeiro: INCA, 2009

Kim, J. S., Kuk, E., Yu, K. N., Kim, J.-H., Park, S. J., Lee, H. J., Kim, S. H., Park, Y. K., Park, Y. H., Hwang, C.-Y., Kim, Y.-K., Lee, Y.-S., Jeong, D. H., & Cho, M.-H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, 3(1), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2006.12.001>

LEE, Y.-J. et al. Ion-release kinetics and ecotoxicity effects of silver nanoparticles. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 31, n. 1, p. 155–159, jan. 2012.

LI, J.; HE, J.; HUANG, Y. **Role of alginate in antibacterial finishing of textiles.** *International Journal of Biological Macromolecules* Elsevier B.V, 1 jan. 2017.

LIMA, A. M. F. et al. Influência da adição de plastificante do processo de reticulação na morfologia, absorção de água e propriedades mecânicas de filmes de alginato de sódio. **Química Nova**, v. 30, n. 4, ago. 2007.

LUCAS, C. M. **Estudos das propriedades elétricas de filmes finos de alginato de sódio dopados com Ca²⁺, Mn²⁺, Al³⁺ e Cr³⁺.** 2007, 67 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa Pós-Graduação em Química, Natal, 2007.

MAHL, D. et al. Possibilities and limitations of different analytical methods for the size determination of a bimodal dispersion of metallic nanoparticles. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 377, n. 1–3, p. 386–392, mar. 2011.

MALUF, E.; KOLBE, W. **Dados técnicos para a indústria têxtil.** 2. ed. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção, 2003.

MEDEIROS, A. B. F.; LOPES, C. H. A. DE F.; JORGE, M. S. B. Análise da prevenção e tratamento das úlceras por pressão propostos por enfermeiros. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 43, n. 1, p. 223–228, mar. 2009.

MENDES, J. E.; CAMARGO, E. R.; SOUSA, C. P.; PESSOA, J. D. C. **Caracterização de nanopartículas de prata pela técnica de espalhamento de luz dinâmico (DLS)**. In: Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio, 8, 2014, Juiz de fora. Anais... São Carlos: Embrapa Instrumentação; Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014.

OLIVEIRA, F.R.DE et al. **Aplicação de materiais têxteis na área da saúde**. In: 2º contexmod | congresso científico têxtil e de moda, 2014, São Paulo. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2014. Disponível em: <<https://proceedings.science/contexmod/contexmod-2014/papers/aplicacao-de-materiais-texteis-na-area-da-saude?lang=pt-br>> Acesso em: 14 nov. 2022.

OMS. Organização Mundial de Saúde. Relatório Mundial de Violência e Saúde. Genebra: OMS, 2010.

PARHI, R.; SAHOO, S. K.; DAS, A. Applications of polysaccharides in topical and transdermal drug delivery: A recent update of literature. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 58, 2022.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à Espectroscopia**. Tradução da 4ª edição norte-americana. Cengage Learning, 2010.
QIN, Y. et al. Applications of Alginate as a Functional Food Ingredient. Em: **Biopolymers for Food Design**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 409–429.

RAI, M.; YADAV, A.; GADE, A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. **Biotechnology Advances**, v. 27, n. 1, p. 76–83, jan. 2009.

RAJENDRAN, S.; ANAND, S. C. DEVELOPMENTS IN MEDICAL TEXTILES. **Textile Progress**, v. 32, n. 4, p. 1–42, dez. 2002.

ROCHA, Natividade; SELORES, Manuela. Dermatite das fraldas. **Revista Nascer e Crescer**, n. 13 (3), p. 206-214, 2004.

ROGENSKI, N. M. B.; SANTOS, V. L. C. DE G. Estudo sobre a incidência de úlceras por pressão em um hospital universitário. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 13, n. 4, p. 474–480, ago. 2005.

ROHANI SHIRVAN, A.; NOURI, A. Medical textiles. Em: **Advances in Functional and Protective Textiles**. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 291–333.

SAHA, D.; GRAPPE, H. A. **Adsorption properties of activated carbon fibers**. Em: Activated Carbon Fiber and Textiles. [s.l.] Elsevier Inc., 2017. p. 143–165.

SARHEED, O. et al. **Antimicrobial Dressings for Improving Wound Healing**. Em: Wound Healing - New insights into Ancient Challenges. [s.l.] InTech, 2016.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, S. **Tecnologia dos processos têxteis**. 1. ed. São Paulo: SENAI - SP Editora, 2015.

SOUSA, A. et al. **Nanopartículas de prata**. Revista de Ciência Elementar, v. 10, n. 3, 30 set. 2022.

TORRES, Dayse Emilia. **Desenvolvimento de um eco-compósito moldado composto de fibras recicladas celulósicas e termoplásticas**. 2009. Tese de Doutorado.

UACUIDA universidade amiga das famílias cuidadoras. **Úlceras de pressão: Cuidados preventivos**. Cuidados preventivos. 2020. Disponível em: <https://www.uacuida.com/blog/ulceras-pressao>. Acesso em: 13 nov. 2022.

WATSON, A. A. **Ultra High Energy Cosmic Rays: the present position and the need for mass composition measurements**. 18 dez. 2003.

YAHIAOUI, M. et al. Determination of kinetic parameters of *Phlomis bovei* de Noé using thermogravimetric analysis. **Bioresource Technology**, v. 196, p. 441–447, nov. 2015.