

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL
CURSO ENGENHARIA TÊXTIL

AMANDA CAROLINE KARSTEN

**FUNCIONALIZAÇÃO DE SUBSTRATOS TÊXTEIS UTILIZANDO QUITOSANA E
CALÊNDULA VISANDO APLICAÇÕES MÉDICO-DERMATOLÓGICAS**

BLUMENAU

2022

AMANDA CAROLINE KARSTEN

**FUNCIONALIZAÇÃO DE SUBSTRATOS TÊXTEIS UTILIZANDO QUITOSANA E
CALÊNDULA VISANDO APLICAÇÕES MÉDICO-DERMATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Têxtil do Centro Tecnológico de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil

Orientadora: Profª Drª Andrea Cristiane Krause Bierhalz

BLUMENAU

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Karsten, Amanda Caroline

Funcionalização de substratos têxteis utilizando quitosana e calêndula visando aplicações médico dermatológicas / Amanda Caroline Karsten ; orientadora, Profª Drª Andrea Cristiane Krause Bierhalz, 2023.
62 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

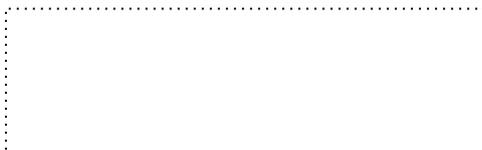
1. Engenharia Têxtil. 2. Substrato Têxtil. 3. Calêndula. 4. Impregnação. 5. Quitosana. I. Bierhalz, Profª Drª Andrea Cristiane Krause. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Têxtil. III. Título.

AMANDA CAROLINE KARSTEN

**FUNCIONALIZAÇÃO DE SUBSTRATOS TÊXTEIS UTILIZANDO QUITOSANA E
CALÊNDULA VISANDO APLICAÇÕES MÉDICO-DERMATOLÓGICAS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Engenheiro Têxtil” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Têxtil.

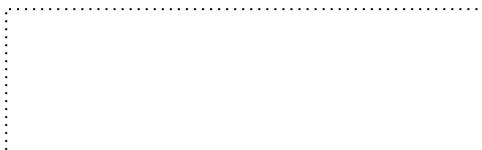
Blumenau, 19 de dezembro de 2022.



Profª. Catia Rosana Lange de Aguiar, Drª.

Coordenação do Curso

Banca examinadora



Profª. Andrea Cristiane Krause Bierhalz, Drª.

Orientadora

UFSC - DET



Profª. Fernanda Steffens, Drª.

UFSC - DET



Profª. Tânia Maria Costa, Drª.

UFSC - DET

BLUMENAU, 2022

Esse trabalho é dedicado aos meus pais e meus padrinhos, que sempre me incentivaram, apoiaram e me deram todo o suporte; aos meus irmãos e às minhas amadas sobrinhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todo o cuidado e amor abundante, o qual não há palavras para descrever. Aos meus pais, por me ensinarem a ser independente e buscar por meus sonhos, por não medirem esforços e amor na minha formação como pessoa. Obrigada por me ensinarem tanto. Aos meus irmãos e toda a minha família, por serem minha base.

Ao meu namorado Marcos Figueiredo Pereira, por todo o apoio durante a graduação e na vida. Obrigada por segurar as pontas, por me apoiar em todos os momentos, me dar motivação, por ser meu maior companheiro.

À minha amiga Quesli Martins, por ser minha irmã em Cristo, por todo o incentivo, apoio e amor pela minha vida. Você é uma inspiração. À minha amiga Lissa M. Siqueira, pela amizade e incentivo durante a graduação.

À minha querida orientadora Prof^a Dr^a Andrea Cristiane Krause Bierhalz, por toda a paciência, atenção, incentivo, orientação e ensinamentos. Você é fonte de admiração, e estará para sempre na minha história. Muito obrigada!

À UFSC Blumenau e em especial ao Departamento de Engenharia Têxtil, pela estrutura física e espaço de crescimento. Aos professores, de quem aprendi não apenas aspectos técnicos da profissão, mas que me proporcionaram evolução e contribuíram grandemente para a minha jornada. Ao colega André Marquardt e à técnica Andressa S. Fortes, por toda a ajuda no Laboratório.

E a todos os meus amigos e colegas, com quem divido minhas ansiedades e alegrias do dia a dia.

"Lembre da minha ordem: "Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, seu Deus, estarei com você para onde você for!" Josué 1:9 NTLH

RESUMO

Os têxteis para vestuário têm funções sociais e culturais, proporcionando conforto e proteção da pele contra fatores externos, em especial para pessoas com doenças de pele. A dermatite atópica (DA) é uma doença dermatológica crônica, caracterizada por secura e sensibilidade da pele, prurido (coceira) intenso, eritemas (vermelhidão), inflamação e feridas. Para portadores dessa doença, é necessária a escolha cuidadosa de fibras e estruturas têxteis para o vestuário. Os têxteis utilizados em contato com a pele atópica precisam ser macios, leves, respiráveis, não irritantes e possibilitar o controle de temperatura e umidade da pele. A *Calendula officinalis*, por sua vez, tem sido amplamente estudada devido à sua atividade antimicrobiana e cicatrizante, sendo considerada para aplicações médicas como em bandagens e curativos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo a funcionalização de substratos têxteis com capacidade de liberação de calêndula para uso cicatrizante e antisséptico, utilizada de forma isolada ou combinada com quitosana. Para a funcionalização dos substratos foram realizadas impregnações com soluções aquosa de calêndula e de calêndula em quitosana. Na caracterização, foi medida e calculada a gramatura (g/m^2) e densidade dos substratos e avaliada a sua morfologia em microscópio ótico. Foi realizada a medida de espectro infravermelho de absorção em FTIR, e medidos os graus de cor e branco por espectrofotômetro UV-Visível. Por fim, foi avaliada a liberação de calêndula dos substratos, em $\mu\text{L/g}$. Após as impregnações, todos os substratos apresentaram coloração amarelada e aspecto levemente áspero, em especial na impregnação utilizando quitosana. Os resultados obtidos indicaram que houve maior liberação de calêndula foi maior para a amostra de 100% viscosa em solução aquosa de calêndula. Para todos os substratos a liberação foi pior na solução quitosana-calêndula, o que pode ser devido à sua viscosidade e natureza hidrofílica. Não foram identificadas ligações químicas entre os reagentes e os substratos têxteis. As liberações para todas as amostras ocorreram nos primeiros 10 minutos e, portanto, indicam perfil de liberação imediato. Esse tende a não ser o ideal para uso em vestuário, uma vez que não proporcionaria a liberação das propriedades impregnadas de forma controlada, portanto, teria baixa solidez a lavagem, conferindo ao produto um caráter praticamente descartável. No entanto, esse seria um ótimo resultado para uso em curativos ou bandagens para *wet wrap therapy*. De toda forma, são necessários estudos *in vivo* para a avaliação da eficiência dos substratos nas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e cicatrizantes.

Palavras-chave: Substrato têxtil; Cicatrizante; Impregnação; Calêndula; Quitosana; Dermatite atópica.

ABSTRACT

Clothing textiles have social and cultural functions, providing comfort and protection of the skin against external factors, especially for people with skin diseases. Atopic dermatitis (AD) is a chronic dermatological disease, characteristic of dryness and sensitivity of the skin, intense itching, erythema (redness), inflammation and wounds. For patients with this disease, it is necessary to carefully choose textile fibers and structures for clothing. Textiles used by people with atopic skin must be soft, light, breathable, non-irritating and enable control of skin temperature and moisture. *Calendula officinalis* has been widely studied due to its antimicrobial and healing activity, being considered for medical applications such as bandages and dressings. Thus, this study aimed to functionalize textile substrates with calendula release capacity for healing and antiseptic use, used alone or combined with chitosan. For the functionalization of the substrates, impregnations were carried out with aqueous solutions of calendula and calendula in chitosan. For the characterization of the substrates, the fabric weight (gsm) and density were measured and calculated and their morphology was evaluated under an optical microscope. The measurement of infrared absorption spectrum in FTIR was measured, and the degrees of color and whiteness were measured by UV-visible spectrophotometer. Finally, the release of calendula of the substrates was evaluated in $\mu\text{L/g}$. After impregnation, all substrates presented yellowish color and slightly rough aspect, especially in the impregnation using chitosan. The results indicated that the calendula release efficiency was higher for the 100% viscose sample in calendula aqueous solution. For all substrates the release was worse in the chitosan-calendula solution, which may be due to its viscosity and hydrophilic nature. No chemical links were identified between the reagents and the textile substrates. The releases for all samples occurred in the first 10 minutes and, therefore, indicate immediate release profile. This tends not to be ideal for use in clothing, since it would not provide the release of impregnated properties in a controlled way, therefore, it would have low washing fastness, giving the product a practically disposable character. However, this would be a great result for using in dressings or bandages for wet wrap therapy. In any case, *in vivo* studies are needed to evaluate the efficiency of substrates in antimicrobial, anti-inflammatory and healing properties.

Keywords: Textile substrate; Healing; Impregnation; Calendula; Chitosan; Atopic dermatitis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do ligamento de tecido plano tafetá ou tela (A) e do ligamento de malha jérsei simples (B).....	20
Figura 2 – Seções transversal e longitudinal da fibra de algodão (A) e fibra de viscose (B).	21
Figura 3 – Seções transversal e longitudinal da fibra de lã Merino.	22
Figura 4 – Aplicação da terapia <i>wet wrap</i> em paciente infantil com crise severa.....	24
Figura 5 – Proteção têxtil de tecido de algodão (à direita) e com recobrimento de prata (à esquerda).....	25
Figura 7 – Estruturas químicas da quitosana (A) e da celulose (B).....	26
Figura 7 – Ligação cruzada da quitosana com celulose do algodão.	27
Figura 8 – <i>Calendula officinalis</i>	28
Figura 9 – Processo de recobrimento <i>pad-dry-cure</i>	30
Figura 10 – Espaço de cor CIELAB.....	31
Figura 11 – Coloração alaranjada da tintura de calêndula.	33
Figura 12 – Microscopia das amostras (da esquerda para direita): CO + PUE, CV, CV + PUE.....	38
Figura 13 – Diferença visual no grau de branco dos substratos.....	43
Figura 14 – Espectros de FTIR para os substratos sem impregnação.....	45
Figura 15 – Espectros de FTIR para os substratos sem impregnação, amostras impregnadas em solução com calêndula e quitosana-calêndula.	46
Figura 16 – Curva de varredura da solução de calêndula.....	47
Figura 17 – Curva de calibração.	47
Figura 18 – Liberação de calêndula nas amostras impregnadas com calêndula e quitosana-calêndula.	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Avaliação da escala de diferença de cor.	31
Quadro 2 – Identificação dos substratos.	32
Quadro 3 – Microscopia das amostras não tratadas, impregnadas em solução de calêndula e impregnadas em solução quitosana-calêndula.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades da quitosana.....	26
Tabela 2 – Parâmetros de impregnação utilizados nos substratos.	35
Tabela 3 – Gramatura e densidade dos substratos têxteis.	38
Tabela 4 – Ganho de massa dos substratos após impregnações.....	39
Tabela 5 – Comparação de valores CIELAB para o substrato CO + PUE após impregnações.....	41
Tabela 6 – Comparação de valores CIELAB para o substrato CV.	41
Tabela 7 – Comparação de valores CIELAB para o substrato CV + PUE.....	42
Tabela 8 – Comparação dos parâmetros Δa , Δb e ΔE dos substratos impregnados.	42
Tabela 9 – Valores de grau de branco para o substrato CO+PUE.....	43
Tabela 10 – Valores de grau de branco para o substrato CV.....	44
Tabela 11 – Valores de grau de branco para o substrato CV+PUE.	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção;
- CIE – Commission Internationale l'éclairage (Comissão Internacional de Iluminação);
- CIELAB – Espaço de cor CIE $L^*a^*b^*$, com coordenadas colorimétricas L^* , a^* e b^* ;
- CO – Algodão;
- CO/PUE – Combinação algodão/elastano;
- CV – Viscose;
- CV/PUE – Combinação viscose/elastano;
- DA – Dermatite atópica;
- DE – Diferença de cor residual (“delta E”);
- FTIR – Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier;
- MPa – Mega Pascal (unidade de medida de pressão);
- Pad-CO/PUE – Substrato de 96% CO + 4% PUE antes da impregnação;
- Pad-CV – Substrato de 100% CV antes da impregnação;
- Pad-CV/PUE – Substrato de 93% CV + 7% PUE antes da impregnação;
- pol – polegadas (2,54 cm);
- PUE – Sigla para a fibra têxtil de elastano (poliuretano elastomérico);
- Q-CO/PUE – Amostra 96% algodão + 4% elastano impregnada com solução de calêndula em quitosana;
- Q-CV – Amostra 100% viscose impregnada com solução de calêndula em quitosana;
- Q-CV/PUE – Amostra 93% viscose + 7% elastano impregnada com solução de calêndula em quitosana;
- SCORAD – Scoring Atopic Dermatitis;
- Tex – Título do fio têxtil, definido em gramas por 1.000 m;
- UV-Vis – Ultravioleta visível;
- ZnO – óxido de zinco;
- $\lambda_{\text{máx}}$ – Comprimento de onda máximo de absorção;
- π – número Pi ($\approx 3,14159$)
- m - massa (gramas).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	DERMATITE ATÓPICA.....	18
3.2	SUBSTRATOS TÊXTEIS.....	20
3.2.1	Têxteis técnicos	23
3.3	QUITOSANA.....	26
3.4	CALÊNDULA.....	28
3.5	RECOBRIMENTO.....	29
3.6	COLORIMETRIA.....	30
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	MATERIAIS.....	32
4.1.1	Substratos têxteis	32
4.1.2	Reagentes	32
4.2	MÉTODOS	33
4.2.1	Curva de calibração da calêndula	33
4.2.2	Preparo de soluções de impregnação	34
4.2.3	Impregnação	34
4.2.4	Ensaio de liberação <i>in vitro</i>	35
4.2.5	Ganho de massa	36
4.2.6	Caracterização dos substratos	36
4.2.6.1	<i>Gramatura e Densidade</i>	36
4.2.6.2	<i>Colorimetria</i>	37
4.2.6.3	<i>Espectroscopia de Infravermelhos com Transformadas de Fourier</i>	37
4.2.6.4	<i>Microscopia Ótica de Luz Refletida</i>	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS	38
5.2	GANHO DE MASSA E ASPECTO MICROSCÓPICO.....	39
5.3	ANÁLISE DE COR E GRAU DE BRANCO	41
5.4	ANÁLISE DE FTIR	44
5.5	VARREDURA E CURVA DE CALIBRAÇÃO DA CALÊNDULA	46

5.6	ENSAIO DE LIBERAÇÃO <i>IN VITRO</i>	48
6	CONCLUSÃO	51
6.1	RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Os têxteis para o vestuário são uma necessidade que acompanham a humanidade há muito tempo, sendo que, além da função básica de controle de temperatura e proteção do corpo humano contra diversos fatores ambientais, cumprem uma função social, sendo utilizados para diferenciar culturas, religiões e profissões. Por interagirem diretamente com a pele, desempenham um papel importante no conforto e na qualidade de vida da população em geral, sobretudo para pessoas com doenças de pele (KOKOMARKOVA; GLOMBIKOVA; VESELA, 2022).

A dermatite atópica (DA), por exemplo, é uma doença cutânea inflamatória crônica, caracterizada pelo aparecimento de manchas e lesões na pele associadas a prurido intenso. Estima-se que a DA possa afetar até 20 % das crianças e assumir contornos mais graves na idade adulta, impactando significativamente a qualidade de vida dos pacientes (SCHÄFER, 2006; OLESEN, 2006). Para esse público em especial, torna-se essencial a escolha correta das fibras e estruturas têxteis utilizadas nas vestimentas, para que proporcionem conforto no uso diário sem implicações na piora dos quadros clínicos. As fibras utilizadas para esse fim devem ser macias, respiráveis, flexíveis e elásticas, não irritáveis, duráveis, terem boa resistência mecânica, promoverem boa troca de vapores de água e ar e, conseqüentemente, boa regulagem térmica (KRYSIK *et al.*, 2021).

O algodão e a viscose estão entre as fibras têxteis mais utilizadas no vestuário visando o conforto, pois são macias, não causam irritabilidade na pele, tem boa absorção de umidade, higroscopicidade e resistência mecânica (SCHMIDT, 2022). Já a lã não é uma fibra adequada para peles sensíveis, segundo autores como Hanifin e Rajka (1980, apud RICCI *et al.*, 2006) e recomendações médicas como a divulgada na Cartilha de Dermatite Atópica (AADA, 2022). O uso desta fibra em roupas em contato direto com a pele não é recomendado mesmo em peles saudáveis, por ser considerado irritante (RICCI *et al.*, 2006).

Entretanto, segundo Zhong *et al.* (2006), os parâmetros térmico-fisiológicos são mais ligados às estruturas têxteis do que as composições de fibras têxteis. Desta forma, é importante o estudo dos tecidos planos e de malhas utilizados para esses usos, levando em conta sua gramatura, densidade, compressibilidade, toque e flexibilidade (BARKER *et al.*, 1990). Outro estudo de Wang *et al.* (2022), por exemplo, avaliou as propriedades hidratantes do ácido hialurônico impregnado em malhas de diferentes estruturas (*rib* 1x1, tricot por urdume, *rib* 1x3). O mesmo constatou que a

malha *rib* 1x1 obteve um resultado hidratante melhor, devido à maior área de superfície, em comparação com a malha *rib* 1x3.

Levando em consideração que os têxteis estão em contato direto com a pele e por longos períodos, estes podem ser projetados para atuarem terapêuticamente no controle e/ou no alívio dos sintomas provocados pelas doenças de pele. Neste caso, funcionalidades antimicrobianas, anti-inflamatórias, cicatrizantes e calmantes obtidas a partir de agentes ativos incorporados ao substrato têxtil podem representar uma alternativa complementar aos tratamentos convencionais (SROUR *et al.*, 2019).

Essas funcionalidades podem ser obtidas a partir de compostos de origem natural, que são biocompatíveis, atóxicos e de baixo custo. Também devem ser levados em conta os aspectos ecológicos e ambientais, visto que a indústria têxtil é uma das mais poluidoras do mundo e tem buscado estratégias para reduzir o nível de consumo e resíduo gerado. A *Calendula officinalis* é uma planta medicinal da família *Asteraceae* que possui comprovadamente propriedades anti-inflamatórias, antissépticas e cicatrizantes (PARENTE *et al.*, 2012). Além de ter sido muito estudada em aplicações médicas conjugadas ao uso externo e interno, é utilizada popularmente como anti-inflamatória, analgésica, colerética, para o tratamento de diversas doenças e em diversas formas, como infusão, tintura ou via oral (NUNES, 2008). Sendo assim, acredita-se que a tintura de calêndula seja um bom agente ativo na funcionalização têxtil visando aplicações médica-dermatológicas.

Similarmente, a quitosana é um material natural biocompatível, atóxico, biodegradável, permeável a umidade e antimicrobiano; sendo um dos polímeros de origem natural mais utilizados para aplicações médicas (BIERHALZ; MORAES, 2016). Suas propriedades são dependentes do seu processo de extração, em especial sua acetilação, onde a maior cristalinidade resulta em uma solubilidade baixa em soluções ácidas aquosas (ZHOU *et al.*, 2019). Por este motivo, existem diversos estudos na literatura voltados ao recobrimento de substratos têxteis com quitosana visando obter acabamentos com funcionalidade antimicrobiana e de liberação prolongada de agentes ativos. Entretanto, uma desvantagem da quitosana é a baixa solidez à lavagem, o que pode ser melhorada com o processo de reticulação.

Diante do exposto, este estudo buscou o desenvolvimento de substratos têxteis funcionalizados com tintura de calêndula combinada ou não com revestimento de quitosana visando aplicações terapêuticas para doenças de pele.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é a obtenção de substratos têxteis de diferentes composições com capacidade de liberação prolongada de calêndula para uso cicatrizante e antisséptico, utilizada de forma isolada ou combinada com recobrimento de quitosana.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Realizar a impregnação dos substratos têxteis de diferentes composições e gramaturas com tintura de calêndula pelo método *pad-dry-cure*;
- b) Realizar o acabamento dos substratos com solução de quitosana e avaliar os grupos funcionais e possíveis interações por FTIR;
- c) Avaliar a liberação da calêndula *in vitro*, comparando com os diferentes substratos utilizados, bem como a ausência ou presença de quitosana;
- d) Avaliar a influência dos diferentes acabamentos na cor, ganho de massa e morfologia dos substratos tratados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre (3.1) dermatite atópica, (3.2) os substratos têxteis funcionais; (3.3) os processos de recobrimento; (3.4) a quitosana e (3.5) a calêndula.

3.1 DERMATITE ATÓPICA

As doenças dermatológicas são consideradas fortemente ligadas ao fator emocional; tanto para dermatoses, ou seja, doenças na pele sem sintomas inflamatórios; ou dermatites, onde há o fator inflamatório. Essas doenças psicossomáticas são manifestações no corpo de não resolução de conflitos emocionais ou outros fatores como o estresse, traumas, ansiedade, transtornos e depressão; e podem não apenas desencadear dermatoses como também evoluir o quadro (RIVITTI; SAMPAIO, 1998 apud LIMA, 2018). Ao estudar sobre o assunto, torna-se evidente que pacientes de doenças dermatológicas sofrem com fatores emocionais e sociais, que vão além do diagnóstico clínico.

Uma dessas doenças é a dermatite atópica, doença dermatológica crônica que se manifesta por pele extra-seca e sensível, prurido (coceira), eritemas (vermelhidão), inflamação da pele e feridas (NATIONAL... c2022). Além de fatores emocionais; os fatores ambientais, como exposição (perinatal) a alérgenos e poluentes internos e externos; nutrição e microbioma são considerados influentes para a manifestação e gravidade dos quadros de DA (WOLLINA, 2017). É importante mencionar que, a nível mundial, de 15 a 20 % das crianças sofrem de DA, com uma variação alta em porcentagem de crianças entre 6 e 14 anos em diferentes países a depender da região, além de 1 a 3 % de adultos em todo o mundo (ALLERGY & ASTHMA NETWORK, 2022; SCHÄFER, 2006).

A pele é um órgão essencialmente formado por 3 camadas, sendo elas a epiderme, derme e hipoderme (também chamado de tecido subcutâneo). A camada mais externa, epiderme, serve como uma barreira física e biológica, responsável por prevenir a penetração de patógenos e substâncias irritantes no corpo (MOHAMED; HARGEST, 2022). Devido à essa barreira rompida, pacientes com DA possuem pele ferida e inflamada, caracterizada por eritemas e prurido. Sendo assim, apresentam perda de água transepidérmica, mesmo em áreas sem feridas; o que causa inflamação e prurido na pele, principais fatores responsáveis pela formação de lesões (LUGER *et al.*, 2021). Controlando as crises de DA, é possível haver restauração da

hidratação da pele e por fim, da barreira cutânea (SEIDENARI; GIUSTI, 2006). Desta forma, fica evidente que o controle adequado e, conseqüentemente a educação sobre os cuidados com a pele para tratar a DA é muito relevante.

No estudo de Futamura *et. al* (2013), foram avaliados os efeitos positivos da educação sobre a DA para mães de pacientes em 6 meses; considerando pontuações quanto à melhora na severidade no quadro, mudança de sintomas como coceira e qualidade do sono, mudança na qualidade de vida familiar, e ansiedade relacionada ao uso de corticoides tópicos (pomadas). Os resultados mostraram que o grupo de pacientes cujas mães participaram do programa de educação (PEP) obteve resultados impressionantes quanto à severidade do quadro, onde nos 3 primeiros meses a média de severidade do grupo foi quase duas vezes melhor que o grupo controle e continuou melhorando até o final de 6 meses. Já no grupo controle não foi percebida evolução a partir dos 3 meses. Da mesma forma, o grupo PEP obteve um melhor resultado nos demais parâmetros utilizados no estudo.

Estudos como este são essenciais para compreender todos os aspectos psicológicos e sociais relacionados às doenças de pele, além dos fatores alérgicos e físicos. Falando destes últimos, os aspectos físicos mais mencionados para pacientes de DA, considerados como fatores desencadeantes, são o calor e a transpiração, a secura da pele, e o uso de fibras sintéticas e/ou lã no vestuário (AADA, c2022). Algumas fibras, em especial as sintéticas, são consideradas irritantes para a pele atópica, enquanto as fibras naturais e artificiais celulósicas são bem toleradas (RICCI *et al.*, 2006).

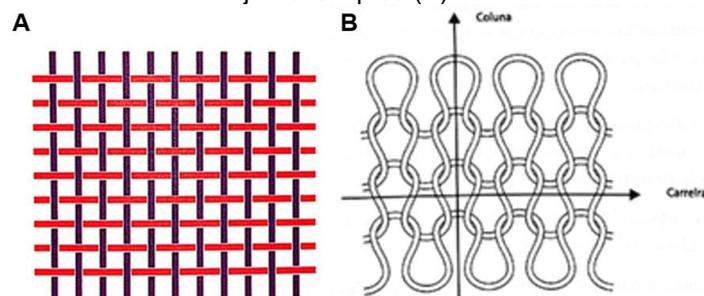
A literatura registra que a seleção adequada dos substratos têxteis pode reduzir a severidade dos sintomas da DA. O algodão e a seda têm sido tradicionalmente recomendados para pacientes com DA, por evidências baseadas em relatos da melhora dos sintomas e do conforto de forma geral. O algodão tem boa condução de calor e excelente absorção de umidade. As desvantagens desse substrato estão relacionadas ao movimento de fricção que ocorre quando as fibras estão úmidas e à susceptibilidade ao ataque de fungos e bactérias, que podem agravar a dermatite. Já os substratos de seda ajudam a manter a temperatura corporal reduzindo o suor excessivo e a perda de umidade que podem piorar a DA. No entanto, não é recomendado para crianças com DA, pois a redução da transpiração tende a provocar desconfortos (KOMARKOVA, GLOMBIKOVA, VESELA, 2022).

Têxteis funcionais, como os revestidos com prata, quitosana e à base de celulose vem apresentando resultados promissores na redução da gravidade de DA e da carga microbiana de *Staphylococcus aureus* (JAROS, WILSON, SHI, 2020) e serão abordados mais adiante no tópico relacionado aos têxteis técnicos.

3.2 SUBSTRATOS TÊXTEIS

São chamados de substratos têxteis os materiais constituídos de matéria-prima têxtil, seja fio, cabo, filamento ou corda e até estruturas têxteis que podem ser nãotecidos, malhas ou tecidos planos. Os tecidos planos são formados a partir do cruzamento de dois conjuntos de fios paralelos entre si, de forma perpendicular: o urdume, no sentido longitudinal ou vertical; e a trama, no sentido horizontal ou transversal (SENAI,2014; CREPALDI, 2017). Dentre eles, existem diferentes ligamentos que variam na quantidade de fios deixados ou tomados no tecimento; sendo o ligamento fundamental mais comum o tafetá ou tela, caracterizado pelo entrelaçamento 1/1 e lados direito e avesso iguais (SILVA *et al.*, 2022). Além dos tecidos planos, existem os tecidos de malha, formados pela utilização de agulhas para formação de laçadas a partir de pelo menos um fio, resultando em uma carreira de sucessivas laçadas ao longo da largura da malha. No caso da malharia por trama, que é a mais convencional, este entrelaçamento ocorre na direção horizontal (FERREIRA *et al.*, 2022). Um esquema da diferença das estruturas é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Representação do ligamento de tecido plano tafetá ou tela (A) e do ligamento de malha jérsei simples (B).



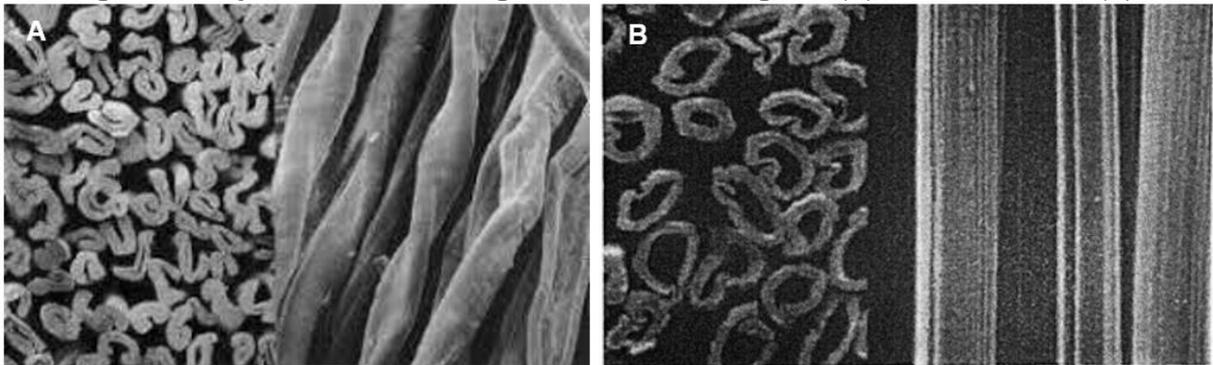
Fonte: Adaptado de: SENAI, 2014; SENAI, 2015.

As fibras utilizadas na confecção de substratos têxteis devem ser escolhidas de acordo com o uso pretendido do produto, podendo ser fibras naturais, de origem vegetal, mineral ou animal; sintéticas ou artificiais. Fibras naturais como o algodão e a seda são consideradas adequadas para têxteis com tratamento dermatológico, pois

não causam irritabilidade e auxiliam na absorção de emolientes (BARON, 2012, apud LOPES *et al.*, 2013).

A fibra de algodão (CO) é amplamente utilizada para vestuário de primeira camada, onde há o contato direto com a pele, por ser considerada confortável e macia, devido à superfície lisa de sua seção longitudinal e ausência de lignina na composição (IMMICH *et al.*, 2022). De forma similar, a fibra artificial de viscose (CV) apresenta seção transversal oca e superfície longitudinal ainda mais lisa e uniforme, garantindo toque suave e macio e (ROMERO *et al.*, s.d). Por ser uma fibra de celulose regenerada, apresenta menor cristalinidade, maior brilho e hidrofiliidade que o algodão, além de resistência à tração, absorção de umidade e caimento similares ao do algodão (IMMICH *et al.*, 2022). As seções transversais e longitudinais das fibras de algodão e viscose podem ser vistas na Figura 2.

Figura 2 – Seções transversal e longitudinal da fibra de algodão (A) e fibra de viscose (B).



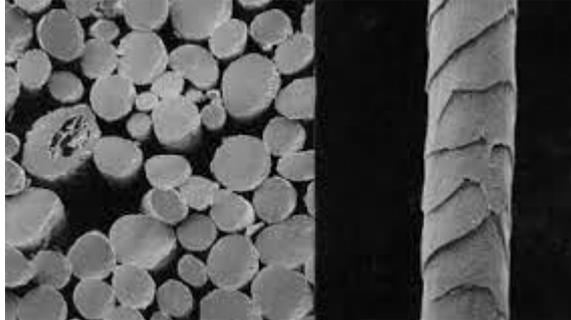
Fonte: SENAI, 2014.

Além das seções transversais e longitudinais, outro fator que influencia a maciez da fibra é o seu diâmetro, sendo que fibras de até 17,5 μm não possuem toque áspero e não causam ou pioram irritação em peles sensíveis (KOMARKOVA; GLOMBIKOVA; VESELA, 2022). As fibras de algodão, seda e viscose tem diâmetros de fibra em torno de 12 μm , enquanto a lã possui diâmetros de fibra entre 17 a 25 μm (LANGE, 2022).

Devido ao maior diâmetro e às terminações pontiagudas e afiadas da fibra (Figura 3), que causam uma irritação especialmente problemática à barreira da epiderme já rompida de pacientes atópicos (HUSS-MARP, EBERLEIN-KÖNIG, RING; 2006); a lã convencional é uma fibra não tolerada para pessoas com DA e outros problemas dermatológicos. No entanto, estudos recentes têm indicado que a lã ultrafina de merino, com diâmetro inferior a 17 μm , não provoca irritação e melhora os

sintomas de DA, podendo ser uma alternativa ao algodão para casos de DA (FOWLER JR; FOWLER; LORENZ, 2019).

Figura 3 – Seções transversal e longitudinal da fibra de lã Merino.



Fonte: SENAI, 2014.

Uma desvantagem das fibras naturais é a susceptibilidade ao crescimento de microrganismos, que se multiplicam rapidamente em condições de temperatura, umidade e nutriente orgânico que pode ser encontrado nestas fibras (COSTA, 2018). Sendo assim, uma alternativa são as fibras artificiais, como a já mencionada fibra de viscose; e sintéticas. As fibras sintéticas, pelo fato de terem uma baixa capacidade de absorção de umidade e, portanto, secagem rápida em comparação às fibras naturais; são muito utilizadas em vestuário esportivo, já que auxiliam no conforto térmico relacionado à transpiração (SINCLAIR, 2015). Entretanto, essas fibras podem prejudicar a absorção de umidade e, conseqüentemente, a respirabilidade da pele; além de terem uma capacidade irritativa significativa (RICCI *et al.*, 2006). Sendo assim, o uso das mesmas para aplicações dermatológicas deve ser feito de forma cautelosa.

A fibra sintética de elastano (PUE) confere alta elasticidade sem deformação do substrato e é inerte, podendo ser utilizado em aplicações médicas como bandagens cirúrgicas e *stents* (IMMICH *et al.*, 2022). O elastano é amplamente utilizado complementarmente a outras fibras em quantidades de 2 a 20% (LORSCHETER; FOLLE, 2017). Por esse motivo torna-se uma boa alternativa para têxteis com aplicação dermatológica, visto que a porcentagem baixa na composição dos substratos confere de liberdade de movimento e boas taxas de recuperação dimensional (IMMICH *et al.*, 2022), sem interferir negativamente no conforto térmico e absorção de umidade.

3.2.1 Têxteis técnicos na medicina

Além dos têxteis convencionais, um mercado que tem ganhado crescente destaque é o de têxteis técnicos. Estes são produtos têxteis “com aplicações que necessitem performance bem determinada, visando praticidade, segurança, economia e durabilidade definida, exceto os têxteis que são utilizados em vestuário convencional, cama, mesa e banho” (ABINT, 2022).

Aqueles nos quais suas propriedades específicas, sejam mecânicas, térmicas, óticas ou eletromagnéticas; se comportam de forma estática são chamados têxteis funcionais; diferente dos têxteis inteligentes, onde o material reage a estímulos externos de forma útil, controlada e reproduzível (FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014). Sendo assim, os têxteis funcionais podem ser de uso médico, geotêxtil, automotivo, cosmético, de proteção ou industrial. Para uso cosmético, um exemplo comum é a transferência de substâncias ativas com propriedades hidratantes ou calmantes presentes no tecido para a pele (CHENG *et al.*, 2008), e devem estar de acordo com ambas as normas legais de produtos têxteis como as de produtos cosméticos (ALMEIDA, 2015).

As fibras utilizadas também devem ter propriedades coerentes com a funcionalidade pretendida, como mencionado anteriormente. Para aplicações médicas é recomendado o uso de fibras naturais como o algodão ou artificiais como a viscose (RIGBY; ANAND; HORROCKS, 1997). Desta forma, aliado ao tipo de fibra utilizado, o acabamento de um têxtil funcional também tem grande importância não apenas na aplicação em si, podendo ter efeito antimicrobiano ou hidratante, por exemplo; como também pode estar relacionado a eficiência e durabilidade da funcionalidade. Ele pode ser feito de forma mecânica/física, química, biotecnológica, uma combinação dos três, ou até mesmo envolver tecnologias mais avançadas, como o plasma e a nanotecnologia (LANGE, 2022). Assim, é possível afirmar que os métodos químicos e mecânicos se complementam, visto que aspectos mecânicos tendem a servir como uma forma de fixação do acabamento químico (PAUL, 2015).

A importância dos têxteis técnicos no tratamento da DA é evidenciada na abordagem terapêutica *wet wrap*, utilizada para o tratamento de diversas doenças dermatológicas, na qual é aplicado sobre a pele afetada um tratamento tópico, em seguida coberto por uma camada de bandagem úmida e por fim uma camada seca (MANCUSO *et al.*, 2021). *Wet wrap therapy* pode ser utilizada em pacientes em crises graves, especialmente crianças, em todo o corpo; utilizando emolientes a base de

água e creme corticoides para o abrandamento e clareamento das lesões (BARNETSON; ROGERS, 2002). Essa técnica é geralmente aplicada em áreas de grande atrito e movimento, mas pode ser aplicada em todo o corpo, como é possível observar na Figura 4.

Figura 4 – Aplicação da terapia *wet wrap* em paciente infantil com crise severa.



Fonte: Wang; Hiu; Kan; 2017.

As funcionalidades têxteis relacionadas à atividade antimicrobiana e ao efeito antiprurido têm sido as mais avaliadas em estudos voltados à DA. Segundo Gauger *et al.*, 2003 e Ring; Przybilla; Ruzicka, 2006, a colonização da pele por *Staphylococcus aureus* é um dos principais fatores agravantes na inflamação da pele e piora dos quadros de DA, estando presente em 90% dos pacientes com DA. A partir da redução de densidade de bactérias presentes em feridas de DA, é possível que produtos antissépticos contribuam para o efeito anti-inflamatório de corticoides tópicos frequentemente utilizados no tratamento desta enfermidade. Neste sentido, a prata tem sido o agente mais utilizado para a funcionalização têxtil visando efeito antimicrobiano (MOBOLAJI-LAWAL; NEDOROST, 2015). Por exemplo, em um estudo controlado, Fluhr *et al.* (2009) compararam os efeitos de camisetas de fibra celulósica à base de algas marinhas carregadas de prata *versus* camisetas de algodão em 37 pacientes com DA. Após 8 semanas, os resultados indicaram uma diminuição significativa na colonização de *S. aureus* no grupo da camiseta com prata em comparação com o grupo da camiseta de algodão.

Já o estudo de Gauger *et al.* (2003) sugere que tecidos de algodão revestidos com prata são capazes de diminuir significativamente não apenas de *S. aureus* como

também de *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*. No estudo foram utilizadas mangas cobrindo as dobras dos braços, área comumente afetada pela DA por haver grande atrito e acúmulo de umidade, conforme mostra a Figura 5. Foi avaliado que os substratos agem como fator de proteção, não apenas contra fatores externos, mas no controle da coceira e na redução do ato de coçar, e possuem um papel importante na redução do Índice de Gravidade de Dermatite Atópica (SCORAD).

Figura 5 – Proteção têxtil de tecido de algodão (à direita) e com recobrimento de prata (à esquerda).



Fonte: Gauger, 2003.

Em relação ao prurido, esse é um sintoma comum, sobretudo à noite, e que pode resultar em distúrbios do sono e em prejuízo na qualidade de vida dos pacientes. Nesse sentido, a funcionalização dos têxteis com agentes calmantes e refrescantes são promissores. Estudos já foram realizados utilizando óleo de borragem (KANEHARA *et al.*, 2021) e *aloe vera* (EL-SAYED; DIAA; HASSABO, 2021).

Outro composto com propriedades antimicrobianas que vem sendo avaliado é o óxido de zinco (ZnO). Em um estudo envolvendo 12 pacientes com DA que usaram tecidos impregnados com ZnO durante a noite, os pesquisadores observaram uma melhora rápida na gravidade da DA e na qualidade subjetiva do sono nesses pacientes (WIEGAND *et al.*, 2013). Sua eficiência foi comprovada como terapia antibacteriana/antimicrobiana na redução significativa de *S. aureus* em apenas 2 dias, em um estudo de 7 dias (GAUGER; RING, 2006).

No presente estudo, a funcionalização dos diferentes substratos têxteis será realizada com dois agentes: a quitosana e o extrato de calêndula, cujos principais aspectos serão apresentados nos próximos subitens.

3.3 QUITOSANA

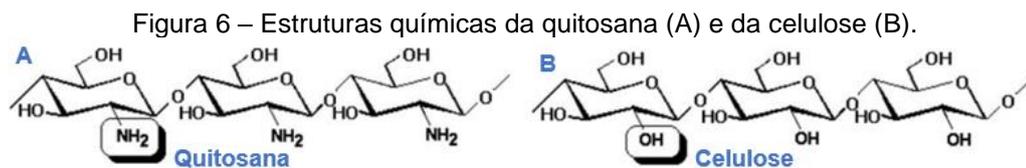
A quitosana é um polímero de origem natural, atóxico, de baixo custo, renovável e biodegradável, obtida pela desacetilação parcial da quitina (AZEVEDO *et al.*, 2007). A quitina, por sua vez, é extraída de crustáceos como caranguejos ou cascas de camarão utilizando da dissolução do carbonato de cálcio com tratamento ácido; seguido pela extração alcalina para solubilização de proteínas (ZHOU *et al.*, 2019). Suas propriedades químicas e mecânicas, diretamente influenciadas pelo seu grau de desacetilação, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades da quitosana.

Módulo de Elasticidade	Resistência à tração	Alongamento na ruptura	Grau de Intumescimento
600 a 2900 MPa	6 a 75 MPa	3 a 90%	Até 200%

Fonte: PEREIRA, 2014.

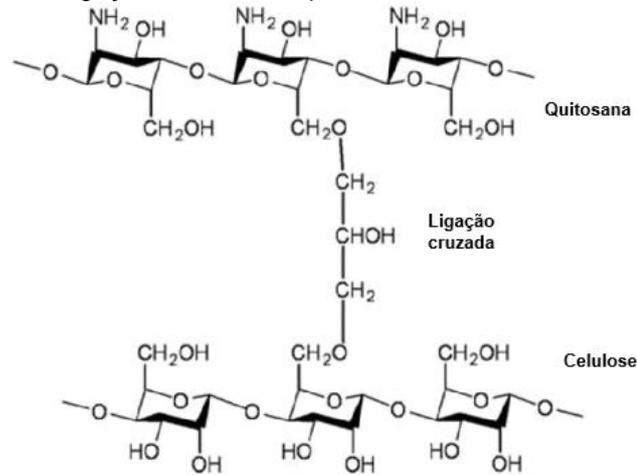
A quitosana é um composto catiônico, enquanto que a celulose é aniônica, o que possibilita a interação da mesma com as fibras celulósicas de algodão e viscose. A similaridade em suas estruturas químicas (Figura 6) facilita a combinação para formação de fibras, inclusive na mistura íntima de viscose e quitosana extrudadas em conjunto, que mantem as suas propriedades durante a utilização (ZHOU *et al.*, 2019).



Fonte: Adaptado de Borderías, Sánchez-Alonso e Pérez-Mateos (2005).

Uma das propriedades mais conhecidas da quitosana, aplicada em têxteis técnicos, é a sua atividade antimicrobiana; entretanto, ela pode ser enfraquecida em condições alcalinas, devido à perda de sua natureza catiônica (LIM; HUDSON, 2004). Sua desvantagem é a durabilidade baixa em superfícies têxteis, devido à sua falta de ligações fortes com as fibras em condições normais. Para superar esta limitação, uma abordagem recorrente têm sido a reticulação química da quitosana com as fibras celulósicas utilizando compostos químicos como o glutaraldeído, ácido cítrico e genipina. A reticulação, também conhecida como *crosslinking* ou ligação cruzada, da quitosana com o algodão; é ilustrada na Figura 7.

Figura 7 – Ligação cruzada da quitosana com celulose do algodão.



Fonte: Adaptado de Bhuiyan; Shaid; Khan (2014)

O glutaraldeído é um dos agentes reticulantes mais eficientes da quitosana, mas é associado a efeitos tóxicos e irritantes aos olhos e pele, resultando em dermatites crônicas, de forma que o seu uso vem sendo descontinuado (ISLAM; DMOUR; TAHA, 2019).

As aplicações da quitosana na área têxtil são diversas e incluem o tratamento de fibras para maior absorção de corantes (BHUIYAN; SHAID; KHAN, 2014), agente encapsulante para a incorporação de agentes em aplicações de têxteis repelentes (MARTINS, 2022), antibacterianos, antimicrobianos ou antiestáticos (ENESCU, 2008), por exemplo. Sua aplicação em curativos de feridas apresentou grande potencial cicatrizante (KHARAT *et al.*, 2021).

Em um estudo clínico, 78 adultos e adolescentes utilizaram pijamas de algodão revestidos ou não com quitosana por um período de 8 semanas. Para o grupo que utilizou o pijama com revestimento, foi observada a redução significativa na gravidade da doença, avaliada pelo índice SCORAD, com redução da coceira, perda do sono, número de crises e necessidade de medicação. Os autores concluíram que o revestimento de quitosana resulta em um aumento da qualidade de vida dos pacientes com DA (LOPES, 2015).

Além disso, por ser um material biocompatível, é muito utilizada na liberação controlada de fármacos para pele, visto que auxilia na absorção através das camadas epiteliais. Devido à sua forte interação com a superfície da pele, ela possibilita um período de retenção mais longo e conseqüentemente auxilia na permeação de fármacos hidrofóbicos e absorção dos mesmos na epiderme; por suas propriedades

mucoadesivas (KHAN *et al.*, 2021). Sendo assim, a quitosana tem sido muito estudada, seja por seu potencial terapêutico, liberação controlada de diferentes drogas e produção de pele artificial (BRIANEZI, 2016). Um estudo de Kurakula e Naveen (2021) validou o potencial da quitosana em *drug delivery* (entrega de fármacos) utilizando a técnica *electrospraying*. Entretanto, algumas aplicações, principalmente no contexto têxtil, necessitam não apenas da entrega de fármacos na pele, mas também a liberação controlada ou prolongada dos agentes ativos. Quanto mais lenta a liberação, mais prolongado o efeito do têxtil funcionalizado, o que tende a ser desejável (MARTINS, 2022).

3.4 CALÊNDULA

A *Calendula officinalis* é uma planta medicinal muito estudada devido à suas propriedades antiulcerativas, antitumorais calmantes, antissépticas, analgésicas, sedativas e antiedematosas; embora seu uso tópico seja mais voltado aos efeitos cicatrizantes, antioxidantes e anti-inflamatórios (PARENTE *et al.*, 2002). É uma planta originária do Mediterrâneo que apresenta flores alaranjadas (Figura 8) e possui fácil adaptação a qualquer clima, o que a torna um ativo sustentável e acessível.

Figura 8 – *Calendula officinalis*.



Fonte: Pixabay imagens.

Segundo Gazola, Freitas e Evangelista-Coimba (2014), o processo dérmico de cicatrização ocorre logo após a lesão da pele e é dividida em 5 fases, sendo elas “a coagulação, inflamação, proliferação, contração da ferida e remodelação”. A proliferação é a fase de fechamento da lesão, onde ocorre a reepitelização. Um fator prejudicial à cicatrização é o risco de infecção por bactérias, que promove a piora do quadro, aumentando a inflamação e prolongando o processo cicatrizante. Diante

desse fator, a calêndula pode também ser útil para o processo cicatricial devido às suas propriedades antissépticas, bactericidas e anti-inflamatórias.

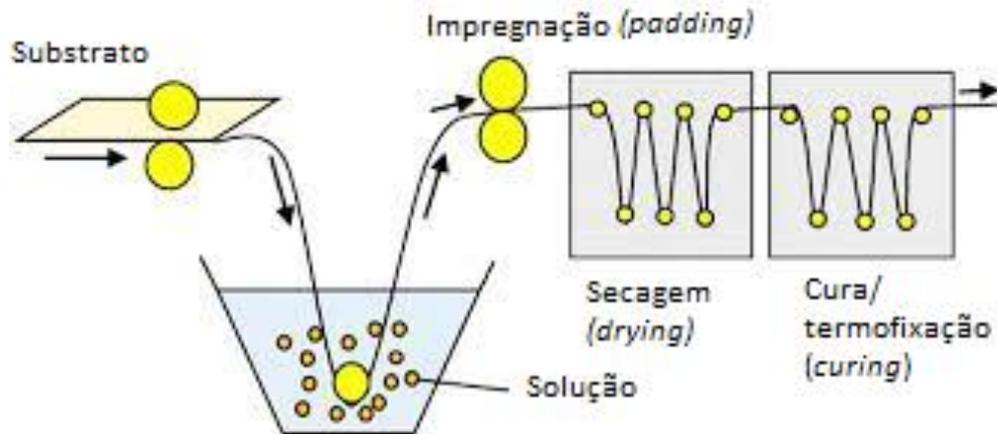
A atividade anti-inflamatória da calêndula existe graças às saponinas e flavonoides, componentes fitoquímicos que correspondem a aproximadamente 6% e 0,9%, respectivamente, da sua composição (REZENDE, 2018). Suas pétalas e folhas são uma fonte natural de antioxidantes e as tinturas, extratos e infusões feitas com ela têm aplicações comprovadas no tratamento de feridas, inflamações de mucosas e reparação de tecido epiderme.

Comercialmente, pomadas a base de calêndula estão disponíveis como agente calmante e antisséptico e com indicações como o clareamento de manchas na pele, alívio de queimaduras, tratamento da acne, abscessos e eczemas e tratamento e prevenção de assaduras em bebês.

Estudos recentes têm utilizado a calêndula em curativos à base de hidrogéis com potencial cicatrizante, como o estudo de Rathod *et al.* (2022), que sugere que o curativo feito de hidrogel de colágeno com calêndula apresentou taxa de cicatrização maior que curativos comerciais. Na área têxtil, entretanto, a *C. officinalis* tem sido mais avaliada como corante natural, embora artigos como os de Tahami *et al.* (2022) e Kharat *et al.* (2021) tenham sido bem-sucedidos utilizando-a na preparação de nanofibras para curativo de feridas.

3.5 RECOBRIMENTO

Para o recobrimento de substratos têxteis com os mais diversos agentes ativos existem alguns processos possíveis, como o método *layer-by-layer* (LBL), *sol-gel*, deposição física de vapor (PVD), *pad-dry-steam*, *pad-dry-cure*, métodos com utilização de ozônio e enzimas, entre outros (GASHTI, 2014). Um dos métodos mais empregados no recobrimento têxtil é o *pad-dry-cure*. Esse é um método contínuo que consiste na impregnação do substrato (*pad*), seguida da secagem (*dry*) e termofixação (*cure*), conforme Figura 9. No contexto de laboratório, entretanto, o método torna-se em batelada visto que não há a possibilidade de uso de maquinário adequado para aplicar o método em pequena escala de forma contínua.

Figura 9 – Processo de recobrimento *pad-dry-cure*.

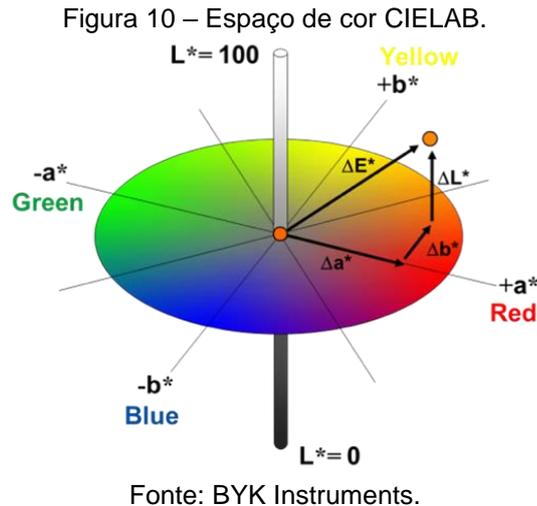
Fonte: adaptado de Tan, 2017.

O estudo de Lim e Hudson (2004) utilizando um tecido recoberto por quitosana pelo método *pad-dry-cure* obteve bons resultados de concentração da quitosana no tecido e registrou atividade antimicrobiana contra *S. aureus* sem a necessidade de adicionar outro ingrediente ativo. O uso do método *pad-dry-cure* pode ser usado na reticulação (crosslinking) do algodão, processo químico que consiste na interligação, por ligações covalentes, de cadeias poliméricas lineares ou ramificadas; também chamado de ligação cruzada (IMMICH, 2009).

3.6 COLORIMETRIA

A Colorimetria é a ciência que quantifica e descreve as percepções humanas da cor (OLIVEIRA, 2006). Sabendo que a cor é o resultado da interação da luz com os materiais e pode diferir de acordo com os observadores e iluminação, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) criou em 1976 o espaço de cor CIEL*a*b*. O CIELAB que se difere de outros espaços de cor devido à sua padronização de iluminantes e observadores (OLIVEIRA, 2006). Por este motivo, foi bem difundido e é hoje um dos mais utilizados em Colorimetria.

Esse espaço de cor relaciona as coordenadas L^* , que diz respeito à luminosidade, além das coordenadas verde-vermelho a^* e azul-amarelo b^* ; como pode ser observado na Figura 10. Ele também pode ser utilizado para expressar o grau de brancura de um substrato, conhecido como grau de branco CIE.



Utilizando as coordenadas L^* , a^* e b^* é possível avaliar a variação de cor de duas amostras com os parâmetros de diferença nas coordenadas verde-vermelho (Δa) e azul-amarelo (Δb); assim como a diferença de luminosidade (ΔL) e a diferença total da cor (ΔE), como mostra a Equação 1. No Quadro 1 é apresentada a nota atribuída a cada intervalo de alteração da cor (ΔE).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)} \quad (1)$$

Quadro 1 – Avaliação da escala de diferença de cor.

ΔE	Nota
$\Delta E < 0,40$	5
$0,40 \leq \Delta E < 1,25$	4,5
$1,25 \leq \Delta E < 2,10$	4
$2,10 \leq \Delta E < 2,95$	3,5
$2,95 \leq \Delta E < 4,10$	3
$4,10 \leq \Delta E < 5,80$	2,5
$5,80 \leq \Delta E < 8,20$	2
$8,20 \leq \Delta E < 11,60$	1,5
$\Delta E \geq 11,60$	1

Fonte: ABNT NBR ISO 105-A05 (2007b).

O grau de branco Berger é um índice de brancura muito utilizado desenvolvido em 1959, e utiliza especificamente o iluminante C e o observador padrão 2°. Quanto maior o valor da brancura de Berger, maior é o grau de branco da amostra (COSTA, 2014). Sendo assim, para as avaliações colorimétricas das amostras foram utilizados os três parâmetros: o grau de cor CIEL^{*}a^{*}b^{*}, grau de branco CIE e o grau de branco Berger.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Substratos têxteis

Foram utilizados três diferentes substratos têxteis, sendo dois tecidos planos e um tecido de malha. Algumas informações sobre as estruturas são observadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Identificação dos substratos.

Composição	Sigla fibra	Estrutura
96% algodão + 4% elastano	CO + PUE	Tecido plano – tafetá
100% viscose	CV	Tecido plano - tafetá
93% viscose + 7% elastano	CV + PUE	Malha – jérsei

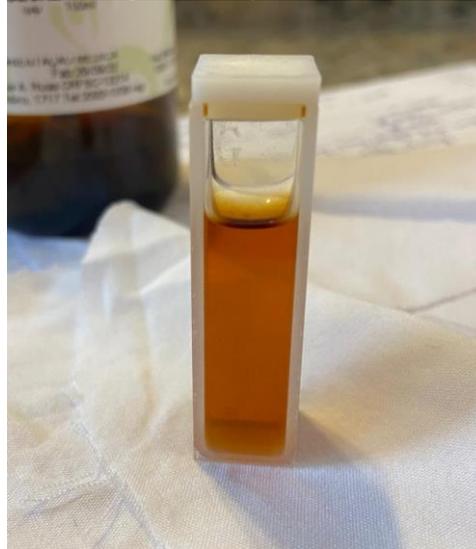
Fonte: O autor (2022).

Foi observado que os substratos tinham um comportamento hidrofóbico, em especial a amostra de malha (CV + PUE). Sendo assim, todos os substratos passaram por um processo de lavagem em máquina doméstica no ciclo rápido e com sabão em pó, seguido de secagem em secadora doméstica em ciclo rápido e em temperatura ambiente. O comportamento das amostras após a lavagem apresentou-se hidrofílico. Também foi observado, através da utilização de cabine de luz, que os substratos possuíam branco ótico.

4.1.2 Reagentes

Os reagentes utilizados no preparo da solução de quitosana foram a quitosana de peso molecular médio e grau de desacetilação entre 75-85% (d:1g/cm³, Sigma-Aldrich) e ácido acético glacial (PM 60,05, Vetec) como solubilizante. Para a solução com calêndula foi utilizada tintura comercial de calêndula preparada a 20% (m/v) por percolação, adquirida em farmácia de manipulação. Na Figura 11 é possível observar a coloração amarelo escuro da tintura de calêndula.

Figura 11 – Coloração alaranjada da tintura de calêndula.



Fonte: O autor (2022).

4.2 MÉTODOS

Os processos de impregnação das soluções em tecido e ensaios de liberação foram realizados no Laboratório de Beneficiamento (LABENE) e no Laboratório de Meio Ambiente (LABMAM); a análise de grau de cor em espectrofotômetro foi realizada no Laboratório Integrado Têxtil (LINTEX); a medida de gramatura foi realizada no Laboratório de Tecidos e Malhas (LABTEC) e a análise por microscopia ótica foi realizada no Laboratório de Fibras e Fiação (LAFIF); todos do Departamento de Engenharia Têxtil da UFSC Blumenau. A análise por espectroscopia de infravermelhos na Central de Análises do Departamento de Engenharia Química e de Alimentos, da UFSC Florianópolis. Foram preparadas 18 amostras, sendo elas em três substratos têxteis diferentes, em duas soluções diferentes (com e sem quitosana) e em triplicata.

4.2.1 Curva de calibração da calêndula

Para a obtenção da curva de calibração, realizou-se, inicialmente, a varredura de uma solução aquosa da tintura de calêndula na proporção volumétrica 1:30 (33,3 $\mu\text{L/mL}$) para encontrar o comprimento de onda referente à absorbância máxima do composto. Foi utilizado o espectrofotômetro UV-VIS M51 da marca BEL, variando entre os comprimentos de onda de 190 a 600 nm, com as soluções em cubeta de vidro. A partir da solução mãe com concentração de 33,3 $\mu\text{L/mL}$, foram preparadas 5 diferentes diluições com concentrações entre 5,5 e 11,1 $\mu\text{L/mL}$, as quais foram

analisadas utilizando o espectrofotômetro AJX-1900 da marca Micronal no comprimento de onda de 294 nm, obtido na varredura. As medidas de absorbância encontradas foram ajustadas em um gráfico absorbância *versus* concentração a partir do qual foi obtida a equação da reta.

4.2.2 Preparo de soluções de impregnação

A impregnação dos substratos foi realizada utilizando duas diferentes soluções: (i) solução aquosa de calêndula e (ii) solução aquosa de quitosana 1% (m/v) contendo calêndula.

A solução de calêndula foi preparada em uma proporção 1:30, misturando 1 mL de tintura de calêndula para 30 mL de água destilada, resultando em uma concentração de 33,33 $\mu\text{L/mL}$. Já o preparo da solução de quitosana-calêndula iniciou com a dissolução de 4 g de quitosana em 400 mL de uma solução de ácido acético 2% (v/v). Para a dissolução, foi utilizado inicialmente um agitador magnético NL01A da marca New Lab a 200 rpm por 60 minutos a temperatura ambiente; e posteriormente a solução foi mantida em repouso em temperatura ambiente por 24 h. A solução foi posteriormente mantida em geladeira. Analogamente à solução de calêndula em água, foi utilizada uma proporção 1:30, adicionando 1 mL de calêndula em 30 mL da solução de quitosana em ácido acético.

4.2.3 Impregnação

Para o processo de impregnação, as amostras dos diferentes substratos, previamente cortadas e com massa de aproximadamente 2,0 g, foram imersas nas soluções de calêndula ou quitosana-calêndula por 10 minutos. Em seguida, as amostras passaram pelo Foulard FVH da marca Mathis. Foram utilizados parâmetros de velocidade e pressão diferentes para cada combinação de substrato, realizando testes, de fora a obter pick-up entre 90% e 100% para todos. Na Tabela 2 estão registrados os parâmetros utilizados na impregnação das amostras em solução de calêndula (CO/PUE, CV, CV/PUE) e das amostras em solução quitosana-calêndula (Q-CO/PUE, Q-CV, Q-CV/PUE).

Tabela 2 – Parâmetros de impregnação utilizados nos substratos.

Amostra	Velocidade	Pressão
CO/PUE	4,0 m/min	1,4 bar
Q-CO/PUE	5,0 m/min	2,0 bar
CV	3,0 m/min	1,2 bar
Q-CV	1,5 m/min	2,0 bar
CV/PUE	2,0 m/min	2,0 bar
Q-CV/PUE	3,0 m/min	2,0 bar

Fonte: O autor (2022).

Para a determinação do percentual de banho absorvido pelo tecido (pick-up) as amostras foram pesadas no estado seco, antes da impregnação, e no estado úmido após a impregnação via Foulard. O percentual de banho retido na amostra (pick-up) foi determinado pela Equação 2.

$$\text{Pick-up (\%)} = \frac{m_{\text{ÚMIDA}} - m_{\text{SECA}}}{m_{\text{SECA}}} * 100 \quad (2)$$

Onde: $m_{\text{ÚMIDA}}$ = massa da amostra úmida; e m_{SECA} = massa da amostra seca.

Após o processo no Foulard, as amostras foram levadas à estufa para secagem a 90°C por 5 minutos em estufa NL 82-81 da marca New Lab. As amostras CV/PUE e Q-CV/PUE precisaram secar por 10 minutos, pois seu substrato tem uma estrutura de densidade maior. Por fim, todas as amostras passaram pelo processo de cura da impregnação utilizando a estufa da marca Lucadema a 120°C por 3 minutos.

4.2.4 Ensaio de liberação *in vitro*

Para o ensaio de liberação das soluções nos substratos têxteis, foram utilizadas as amostras impregnadas nas soluções de calêndula em água e de calêndula com quitosana, secas e curadas. Após preparadas as amostras com dimensões 3,5 cm x 3,5 cm, cada uma foi colocada em um erlenmeyer com 20 mL de água, mantidos sob agitação em um *shaker* orbital (modelo 501 da marca Ética Equipamentos) com velocidade constante e temperatura ambiente.

Em intervalos de tempo pré-determinados (1, 3, 5, 10, 15, 30, 40, 60 e 90 minutos), uma alíquota da solução foi retirada do recipiente e foi realizada a medição da absorbância em espectrofotômetro AJX-1900 da marca Micronal no comprimento

de onda de 294 nm, utilizando uma cubeta de vidro. Esse procedimento foi realizado em triplicata, até que não houvesse mais variação da concentração.

4.2.5 Ganho de massa

Para avaliar a adesão do recobrimento impregnado nos substratos, as amostras foram pesadas inicialmente na balança semi-analítica BL-3200 da marca Even, e após a impregnação, secagem e cura, foram pesadas novamente. Com as medidas mássicas das amostras antes (m_{INICIAL}) e após (m_{FINAL}) o processo, foi possível avaliar o percentual de ganho de massa das mesmas, conforme Equação 3.

$$\text{Ganho de massa (\%)} = \frac{m_{\text{FINAL}} - m_{\text{INICIAL}}}{m_{\text{INICIAL}}} * 100 \quad (3)$$

4.2.6 Caracterização dos substratos

4.2.6.1 Gramatura e Densidade

Para avaliar a gramatura dos substratos têxteis, foi utilizado um cortador para gramatura, modelo TC 450, de 140 mm, da marca Texcontrol e a balança semi-analítica, conforme Norma ABNT NBR 10591. Após cortar os três tecidos, foi calculada a área da amostra A_{amostra} (Equação 4) e a gramatura dos substratos (Equação 5), utilizando a massa da amostra (m_{amostra}).

$$\text{Área da amostra (m}^2\text{)} = \pi * (\text{raio amostra})^2 * 10^6 \quad (4)$$

$$\text{Gramatura (g/m}^2\text{)} = \frac{m_{\text{amostra (g)}}}{A_{\text{amostra}}} \quad (5)$$

Para calcular a densidade dos substratos, foi utilizada a Norma ABNT NBR 10588 para a contagem de fios dos tecidos planos (amostras CO/PUE e CV) e a ABNT NBR 12060 para o tecido de malha (amostra CV/PUE). Utilizando uma lupa conta-fios, foi realizada a contagem de colunas e carreiras, para a amostra de malha, e de fios de trama e urdume, no caso das amostras de tecido plano; em uma unidade de comprimento de 1 polegada.

A densidade de uma malha é expressa em quantidade de laçadas por área, neste caso, polegada quadrada. Para calcular a densidade, são contadas as laçadas distribuídas horizontalmente (carreiras), assim como as distribuídas verticalmente

(colunas), em uma polegada da malha (GAUCHE, 2019). Então a densidade final da malha é expressa em laçadas/pol², conforme Equação 6. Para a densidade de tecidos planos, também chamada de *thread count* ou contagem de fios, deve ser contada a quantidade total de fios do corpo de prova, ou seja, a soma da quantidade de fios no sentido da trama e do urdume, conforme Equação 7.

$$\text{Densidade da malha (laçadas/pol}^2\text{)} = \frac{\text{laçadas em carreiras} + \text{laçadas em colunas}}{\text{área (pol}^2\text{)}} \quad (6)$$

$$\text{Densidade do tecido (fios/pol)} = \frac{\text{fios de urdume}}{\text{pol}} + \frac{\text{fios de trama}}{\text{pol}} \quad (7)$$

4.2.6.2 Colorimetria

A alteração na coloração dos substratos após as impregnações foi avaliada utilizando o espectrofotômetro de reflectância Datacolor 500® no espaço de cor CIE (Comissão Internacional de Iluminação), com uma gama espectral de 360 nm a 700 nm, utilizando o sistema CIEL*a*b* para coordenadas colorimétricas e grau de branco de Berger. Todas as amostras, além de suas respectivas amostras-padrão (substratos não tratados), foram medidas utilizando o iluminante D65 e com 10° de ângulo de observador; em triplicata, para garantir boa precisão nas medições e comparações com os substratos não tratados.

4.2.6.3 Espectroscopia de Infravermelhos com Transformadas de Fourier

A análise da presença de grupos funcionais e possíveis interações químicas nas diferentes amostras foi realizada por meio da técnica de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), em modo de refletância total atenuada (ATR). Foi utilizado espectrofotômetro (modelo IR Prestige 21, da marca Shimadzu), na região entre 500 e 4000 cm⁻¹, com número de scans de 32 cm⁻¹ e resolução de 4 cm⁻¹.

4.2.6.4 Microscopia Ótica de Luz Refletida

Para a análise de microscopia dos substratos foi utilizado o microscópio ótico da marca Gastaki, com aumento de até 200 vezes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

Para as caracterizações das amostras, inicialmente, foram calculadas a gramatura e densidade dos substratos, que são apresentadas na Tabela 3. A gramatura representa a massa do substrato por unidade de área, ou seja, o quanto este é pesado ou leve. Já a densidade se refere à quantidade de fios ou laçadas por unidade de área, ou seja, quão aberta ou fechada a estrutura do tecido ou malha é.

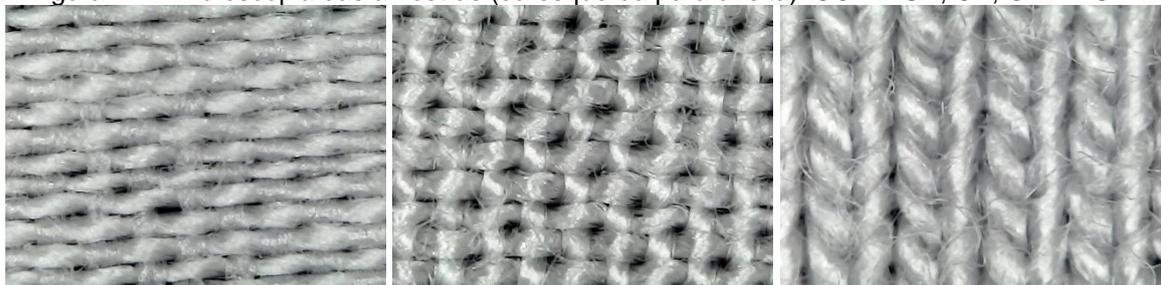
Tabela 3 – Gramatura e densidade dos substratos têxteis.

Amostra	Gramatura	Densidade
CO/PUE	109,78 g/m ²	200 fios/pol
CV	112,38 g/m ²	180 fios/pol
CV/PUE	256,60 g/m ²	3.080 laçadas/pol ²

Fonte: O autor (2022).

Na Figura 12 também é possível observar as estruturas das amostras a partir da microscopia ótica dos substratos não tratados.

Figura 12 – Microscopia das amostras (da esquerda para direita): CO + PUE, CV, CV + PUE.



Fonte: O autor (2022).

É possível notar que, dentre os substratos escolhidos, CV/PUE possui a maior gramatura, o que significa que é a estrutura mais pesada. Isso ficou claro na pesagem das amostras padronizadas de 3,5 x 3,5 cm, em que a amostra de malha obteve maior peso dentre todas. A sua densidade também representa uma estrutura mais fechada, como é possível observar na Figura 12. Dentre as amostras CV e CO/PUE, a segunda apresenta estrutura mais aberta, conforme sua densidade menor; porém possui gramatura maior. Essa informação sugere que os fios do tecido CV possuem um título direto (Tex) maior, ou seja, são mais grossos do que os de CO/PUE.

5.2 GANHO DE MASSA E ASPECTO MICROSCÓPICO

A impregnação acontece tanto de forma física (auxiliada pela pressão dos cilindros no Foulard), como química, a partir da interação de moléculas do reagente com a fibra têxtil. Com o objetivo de avaliar a absorção da solução nos substratos, foi avaliada a diferença de massa das amostras secas, antes e após as impregnações. A média do percentual de ganho de massa para cada amostra pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 – Ganho de massa dos substratos após impregnações.

Amostra	Ganho de Massa (%)
CO/PUE	0,00 ± 0,00
Q-CO/PUE	1,31 ± 0,18
CV	0,46 ± 0,01
Q-CV	1,11 ± 0,21
CV/PUE	0,00 ± 0,00
Q-CV/PUE	1,19 ± 0,46

Fonte: O autor (2022).

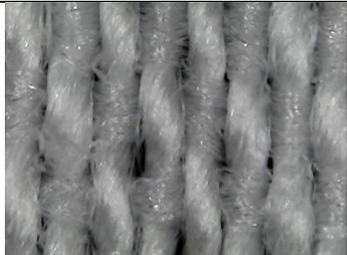
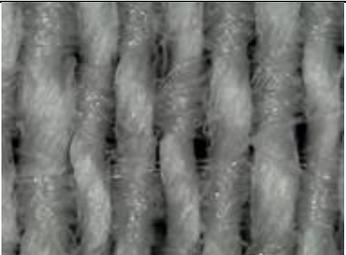
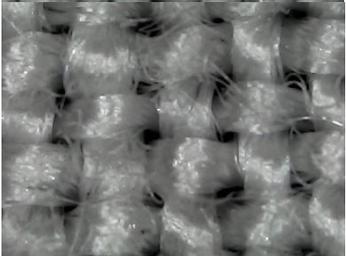
Com base na Tabela 4, é possível perceber que o ganho de massa das amostras, em geral, foi mínimo. As amostras com elastano na composição (CV/PUE e CO/PUE) impregnadas na solução aquosa de calêndula não apresentaram ganho de massa, sendo a única amostra com ganho de massa nessa solução a amostra 100% viscose (CV). Cabe ressaltar que a tintura de calêndula utilizada foi diluída, ou seja, além de sua molécula ser pequena, foi utilizada uma baixa concentração, o que pode ser uma explicação para o ganho de massa mínimo ou nulo das amostras impregnadas em solução aquosa de calêndula. Quimicamente, a calêndula possui diferentes componentes ativos biológicos, como terpeno, carotenoides, glicosídeos, flavonoides, saponinas, ácidos fenólicos, lipídios, etc. Um estudo determinou a presença de 37 diferentes compostos na calêndula, com peso molecular variando de 90 a 360 g/mol (AL-MUSSAWI; AL-HUSSANI, 2019).

Em todos os substratos, houve uma diferença mais significativa entre as amostras sem e com quitosana. Esse maior ganho de massa das amostras está relacionado ao fato da quitosana ser uma macromolécula, com peso molecular variando de 5.000 a 1.000.000 g/mol (PALANIVEL; DHANASEKARAN; PANDIAN, 2018), portanto, diversas ordens de grandeza superior à calêndula. Apesar dos substratos possuírem composições, estruturas, gramaturas e densidades variadas, os

resultados das amostras na solução com quitosana foram similares, ficando em torno de 1,20%.

No Quadro 3 estão apresentadas as imagens de microscopia óptica dos substratos tratados com calêndula e com calêndula em solução de quitosana. No aumento avaliado, dentro das limitações do instrumento, não foram percebidas diferenças significativas entre os substratos tratados e não tratados quanto à pilosidade ou alteração na aparência que pudesse indicar impregnação superficial dos substratos.

Quadro 3 – Microscopia das amostras não tratadas, impregnadas em solução de calêndula e impregnadas em solução quitosana-calêndula.

Amostra	Não tratada	Impregnada em solução aquosa de calêndula	Impregnada em solução quitosana-calêndula
CO/PUE			
CV			
CV/PUE			

Fonte: O autor (2022).

Embora o aspecto microscópico dos substratos não tenha evidenciado a presença de uma película de quitosana, seu aspecto macroscópico apresentou mudanças quanto ao toque, cor e aparência. Cabe ressaltar que a quitosana é um polímero e sua solução, depois de seca, forma um filme sobre o substrato têxtil, que será mais perceptível quanto maior a massa depositada. Os substratos, em especial as amostras Q-CV e Q-CO/PUE de tecido plano, apresentaram toque levemente áspero e foi possível notar uma textura similar ao papel, fácil de amassar em

comparação com as amostras não tratadas e as impregnadas com calêndula. Esse resultado não é vantajoso para a aplicação em têxteis no tratamento de DA, visto que a maciez do substrato é um parâmetro importante para peles sensíveis, e o toque áspero pode causar irritações na pele, agravando o quadro da doença.

5.3 ANÁLISE DE COR E GRAU DE BRANCO

Para avaliar a influência da funcionalização dos substratos com a calêndula e com a calêndula combinada coma quitosana, após as impregnações, foram medidos os parâmetros de cor e grau de branco das amostras, utilizando o tecido sem impregnação como padrão. Sendo assim, será apresentado, para cada amostra, os valores de grau de cor no CIELAB e grau de branco Berger do tecido (i) sem impregnação (“Pad”), (ii) com impregnação em solução de calêndula e (iii) com impregnação em solução quitosana-calêndula.

Nas Tabelas 5 a 7 são apresentados os graus de cor e coordenadas L^* , a^* e b^* e ΔE das amostras CO/PUE, CV e CV/PUE, respectivamente.

Tabela 5 – Comparação de valores CIELAB para o substrato CO + PUE após impregnações.

Amostra	CIE L^*	ΔL	CIE a^*	Δa	CIE b^*	Δb	ΔE
Pad-CO/PUE	92,73	-	2,67	-	-12,55	-	-
CO/PUE	87,20 ± 2,93	-2,84 ± 0,23	3,20 ± 0,27	0,27 ± 0,03	0,96 ± 6,90	6,81 ± 0,16	7,38 ± 0,24
Q-CO/PUE	80,01 ± 2,19	-2,12 ± 0,17	1,60 ± 0,89	-0,92 ± 0,06	21,93 ± 7,04	7,02 ± 0,06	7,39 ± 0,10

Fonte: O autor (2022).

A partir dos resultados da Tabela 6, pode-se notar que, quando comparado com o tecido sem impregnação (Pad-CO/PUE), as amostras impregnadas com calêndula (CO/PUE) apresentaram um Δa e Δb positivos, indicando uma coloração mais avermelhada na coordenada a^* e mais amarelada na coordenada b^* . Já para a impregnação em solução quitosana-calêndula (Q-CO/PUE), a diferença negativa da coordenada a^* indica que a amostra ficou com coloração esverdeada em relação à amostra padrão. Em ambas as impregnações, o ΔE ficou entre 5,80 e 8,20, atribuindo nota 2, conforme descrito no Quadro 1 na seção 3.6.

Tabela 6 – Comparação de valores CIELAB para o substrato CV.

Amostra	CIE L^*	ΔL	CIE a^*	Δa	CIE b^*	Δb	ΔE
Pad-CV	95,04	-	2,03	-	-11,57	-	-
CV	92,88 ± 0,07	-2,16 ± 0,07	2,89 ± 0,05	0,86 ± 0,05	-5,41 ± 0,17	6,16 ± 0,17	6,59 ± 0,18
Q-CV	91,68 ± 0,21	-3,36 ± 0,21	-0,37 ± 0,05	-2,40 ± 0,05	1,95 ± 0,25	13,52 ± 0,25	14,14 ± 0,29

Fonte: O autor (2022).

Para a amostra CV, cujos dados de cor estão apresentados na Tabela 6, foi observado, a partir do seu Δa positivo, que a coloração ficou mais avermelhada, enquanto a amostra Q-CV teve a diferença contrária, ou seja, apresentou coloração esverdeada. Em ambas foi observado coloração amarelada (conforme Δb positivo) após as impregnações. A amostra CV apresentou ΔE com nota 2 e a amostra Q-CV com nota 1.

Tabela 7 – Comparação de valores CIELAB para o substrato CV + PUE.

Amostra	CIE L*	ΔL	CIE a*	Δa	CIE b*	Δb	ΔE
Pad-CV/PUE	87,18	-	3,29	-	-17,7	-	-
CV/PUE	84,46 ± 1,39	-1,38 ± 0,12	2,15 ± 0,65	-0,61 ± 0,12	-4,50 ± 7,17	6,83 ± 0,69	6,99 ± 0,69
Q-CV/PUE	79,55 ± 1,59	-1,67 ± 0,27	-3,67 ± 2,46	-2,55 ± 0,21	21,38 ± 8,87	9,21 ± 0,73	9,70 ± 0,74

Fonte: O autor (2022).

Por fim, a partir da Tabela 7, nota-se que ambas as impregnações apresentaram Δa e Δb negativos, indicando coloração mais esverdeada-amarelada. Entretanto, a amostra CV/PUE apresentou ΔE com nota 2 enquanto Q-CV/PUE obteve nota 1,5.

Para todas as amostras, é possível notar que as impregnações, tanto com solução de calêndula como na em solução quitosana-calêndula resultaram em um ΔL negativo, o que indica menos luminosidade, ou seja, a cor mais escura. Da mesma forma também apresentaram Δb positivo, o que indica uma coloração mais amarelada. Essas coordenadas foram as únicas com comportamento similar para todas as amostras, podendo ser explicado pela coloração alaranjada da tintura de calêndula (conforme Figura 11 do item 4.1.2), decorrente da presença de carotenoides na planta. Essa coloração da calêndula tem, inclusive, sido explorada como corante natural para substratos têxteis (HARLAPUR; HARLAPUR; NAGASWARUPA, 2018).

Na Tabela 8 é possível analisar um resumo dos resultados de diferença de cor das amostras.

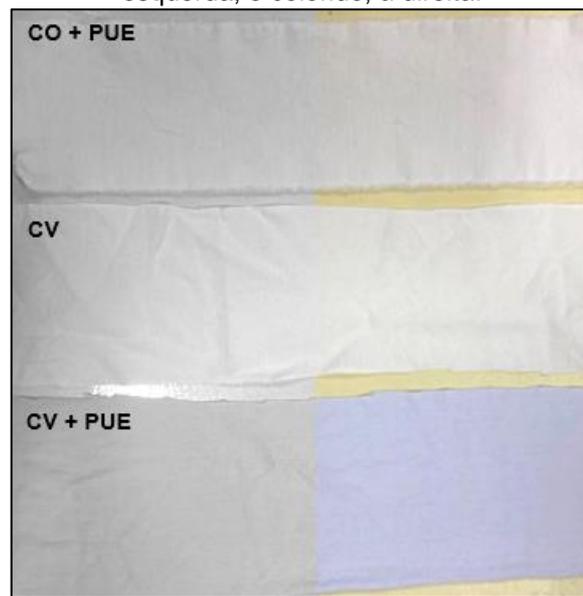
Tabela 8 – Comparação dos parâmetros Δa , Δb e ΔE dos substratos impregnados.

Amostra	Δa	CIE Da	Δb	CIE Db	ΔE	Nota ΔE
CO/PUE	0,27 ± 0,03	+vermelho	6,81 ± 0,16	+amarelo	7,38 ± 0,24	2
Q-CO/PUE	-0,92 ± 0,06	+verde	7,02 ± 0,06	+amarelo	7,39 ± 0,10	2
CV	0,86 ± 0,05	+vermelho	6,16 ± 0,17	+amarelo	6,59 ± 0,18	2
Q-CV	-2,40 ± 0,05	+verde	13,52 ± 0,25	+amarelo	14,14 ± 0,29	1
CV/PUE	-0,61 ± 0,12	+verde	6,83 ± 0,69	+amarelo	6,99 ± 0,69	2
Q-CV/PUE	-2,55 ± 0,21	+verde	9,21 ± 0,73	+amarelo	9,70 ± 0,74	1,5

Fonte: O autor (2022).

Outro aspecto importante a se mencionar é a cor inicial das amostras antes das impregnações, sendo um fator decisivo para a diferença de cor das amostras. Embora todos os substratos utilizados fossem brancos, havia uma diferença nítida no grau de branco das amostras. A Figura 13 apresenta os substratos antes das impregnações em escala de cinza e na cor original para evidenciar a diferença de luminosidade e coloração dos mesmos.

Figura 13 – Diferença visual no grau de branco dos substratos. Imagem em escala de cinza, à esquerda; e colorido, à direita.



Fonte: O autor (2022).

O substrato CV apresenta a maior luminosidade e coloração mais amarelada, enquanto o CO + PUE é mais escuro e azulado. Essas observações são confirmadas pelas coordenadas CIELAB apresentadas previamente.

Nas Tabelas 9 a 11 são apresentados os valores de grau de branco CIE e Berger para os substratos. O ΔB_{co} apresentado expressa a diferença de grau de branco das amostras de acordo com o parâmetro utilizado.

Tabela 9 – Valores de grau de branco para o substrato CO+PUE.

Amostra	Branco CIE	ΔB_{co} CIE	Branco Berger	ΔB_{co} Berger
Pad-CO/PUE	139,75	0,00	142,50	0,00
CO/PUE	103,17 \pm 1,18	-36,58 \pm 1,18	97,98 \pm 1,38	-44,52 \pm 1,38
Q-CO/PUE	103,58 \pm 0,60	-36,17 \pm 0,60	101,02 \pm 0,81	-41,48 \pm 0,81

Fonte: O autor (2022).

Os valores de grau de branco apresentados corroboram as observações apresentadas anteriormente, visto que, para ambas as impregnações, as amostras

tiverem seus graus de branco reduzidos, uma vez que adquiriram coloração amarelada. Um ponto interessante a ser observado é a diferença mínima encontrada entre os graus de branco para as amostras CO/PUE e Q-CO/PUE.

Tabela 10 – Valores de grau de branco para o substrato CV.

Amostra	Branco CIE	ΔBco CIE	Branco Berger	ΔBco Berger
Pad-CV	139,63	0,00	146,03	0,00
CV	107,52 \pm 0,94	-32,11 \pm 0,94	104,17 \pm 1,08	-41,86 \pm 1,08
Q-CV	70,82 \pm 1,59	-68,81 \pm 1,59	71,41 \pm 1,46	-74,62 \pm 1,45

Fonte: O autor (2022).

Da mesma forma, é possível observar uma considerável diferença no grau de branco das amostras. Como já foi evidenciado, as amostras de viscose apresentaram coloração significativamente mais amarelada após impregnação com quitosana-calêndula (Q-CV e Q-CV/PUE), principalmente as com composição 100% CV, devido à coloração amarelada do substrato.

Tabela 11 – Valores de grau de branco para o substrato CV+PUE.

Amostra	Branco CIE	ΔBco CIE	Branco Berger	ΔBco Berger
Pad-CV/PUE	155,13	0,00	150,32	0,00
CV/PUE	120,77 \pm 3,41	-34,35 \pm 3,41	112,45 \pm 3,30	-37,87 \pm 3,30
Q-CV/PUE	108,88 \pm 3,56	-46,25 \pm 3,56	103,68 \pm 3,08	-46,64 \pm 3,08

Fonte: O autor (2022).

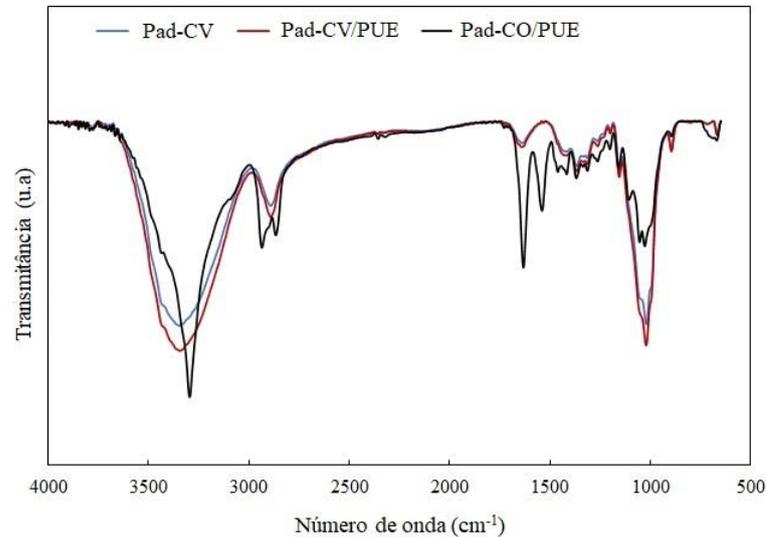
Vale mencionar que o substrato CV+PUE era o único substrato inicialmente com grau de branco CIE perto de 150, valor considerado como branco comercial. De maneira geral, fica evidente que as impregnações alteraram a coloração e o grau de branco de todos os substratos.

5.4 ANÁLISE DE FTIR

As análises de FTIR foram realizadas para os três substratos têxteis, sem nenhum tipo de tratamento, e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 14. Para o espectro dos substratos de viscose (CV e CV + PUE), foram observadas bandas típicas da celulose, que é o principal componente da viscose. Na região de 3300–3500 cm^{-1} , observa-se uma banda larga referente à vibração dos grupos OH da celulose, indicando a ligação de hidrogênio inter e intramolecular de cadeias de celulose. A banda na região de 2900 cm^{-1} é atribuída ao estiramento do C–H (grupos CH_2). A absorção em 1430 cm^{-1} é característica da deformação de grupos CH_2 . A banda na região de 1635 cm^{-1} é característica da vibração de alongamento H–O–H e

está relacionada à absorção de água. A banda de forte intensidade a 1020 cm^{-1} é atribuída ao estiramento OH (SÜLAR; DEVRIM, 2019).

Figura 14 – Espectros de FTIR para os substratos sem impregnação.



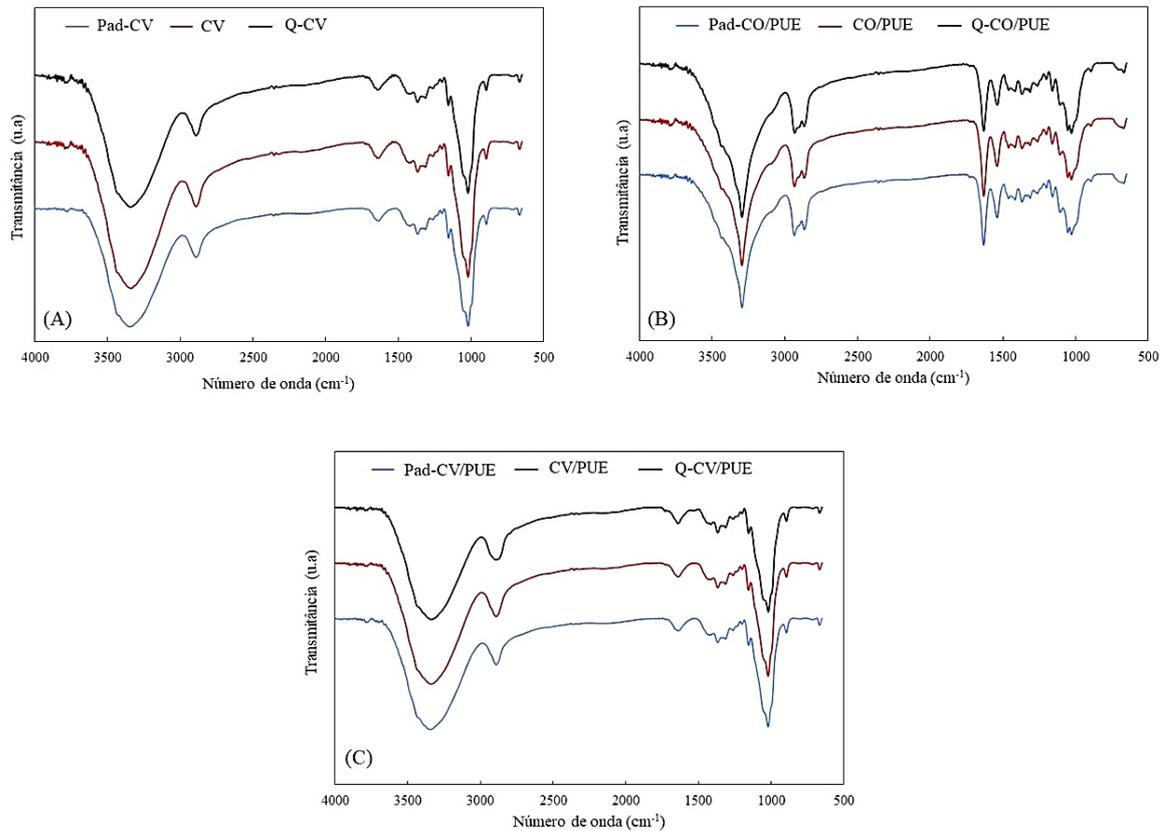
Fonte: O autor (2022).

Os espectros dos substratos de viscose com e sem elastano foram semelhantes. Já o espectro FTIR para o tecido de algodão com elastano apresentou diferenças importantes. As bandas a 1645 , 1431 e 3500 cm^{-1} são atribuídas às vibrações dos grupos OH da celulose, deformação dos grupos CH_2 e alongamento H-O-H da celulose, respectivamente. Neste espectro foram observadas bandas típicas do elastano a 2931 , 2863 e 1103 cm^{-1} (SIAVASHANI *et al.*, 2022).

Embora a viscose e o algodão sejam constituídos majoritariamente por celulose, a estrutura cristalina desse polímero nos dois substratos pode ser distinta. O polimorfismo tipo I é observado na celulose nativa. Já os tratamentos de mercerização, também utilizado no algodão, e de regeneração química da viscose, podem resultar na estrutura cristalina tipo II. Uma das bandas indicativas da presença da estrutura cristalina tipo II é em 894 cm^{-1} . A maior intensidade dessa banda na viscose sugere a ausência da estrutura tipo I neste substrato. Entretanto, não foi observado se houve mercerização da viscose através dos gráficos.

Na Figura 15, estão apresentados os espectros dos substratos tratados com calêndula e calêndula com quitosana. Não foram obtidas evidências da ligação da quitosana com os substratos, o que pode ser atribuída à similaridade das estruturas químicas da celulose e quitosana e sobreposição de bandas típicas.

Figura 15 – Espectros de FTIR para os substratos sem impregnação (Pad-CV, Pad-CO/PUE e Pad-CV/PUE), amostras impregnadas em solução com calêndula (CV, CO/PUE e CV/PUE), e impregnadas na solução quitosana-calêndula (Q-CV, Q-CO/PUE e Q-CV/PUE).

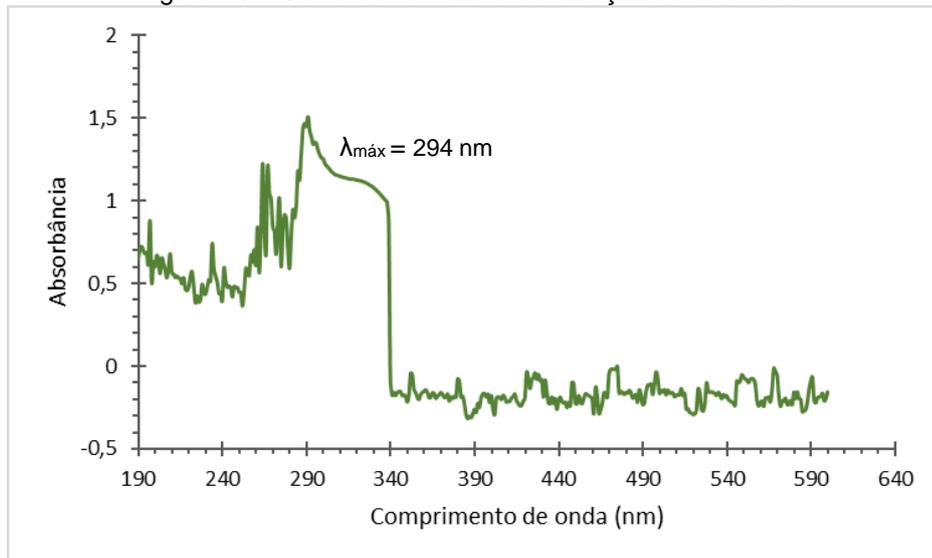


Fonte: O autor (2022).

5.5 VARREDURA E CURVA DE CALIBRAÇÃO DA CALÊNDULA

Foi realizada uma varredura inicial da solução aquosa de calêndula com concentração 33,33 $\mu\text{L/mL}$, onde foi possível obter a curva de comprimento de onda característico, conforme é apresentada na Figura 16. A curva correlaciona a absorvância medida em cada comprimento de onda específico (nm). A absorvância máxima encontrada no pico do gráfico ocorreu em $\lambda_{\text{máx}} = 294 \text{ nm}$.

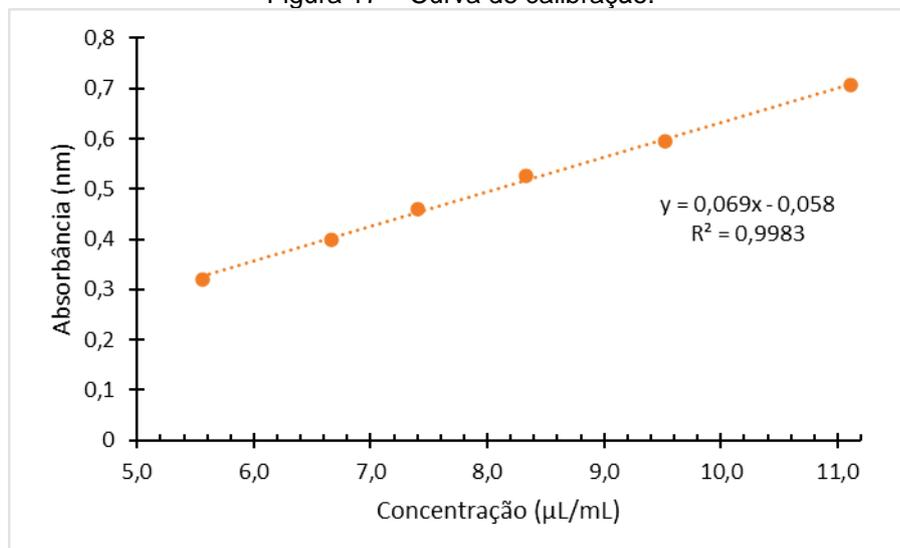
Figura 16 – Curva de varredura da solução de calêndula.



Fonte: O autor (2022).

A partir da varredura realizada e com o comprimento de onda determinado, a absorvância foi medida novamente para seis diferentes diluições da solução inicial, sendo possível, a partir dessas, construir a curva de calibração da calêndula. A curva de calibração é apresentada na Figura 17, e o seu coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,9983; o que indica boa linearidade na faixa de concentração escolhida. A equação da reta obtida relaciona a absorvância com a concentração de forma que será utilizada para quantificar a migração da calêndula a partir dos tecidos impregnados.

Figura 17 – Curva de calibração.

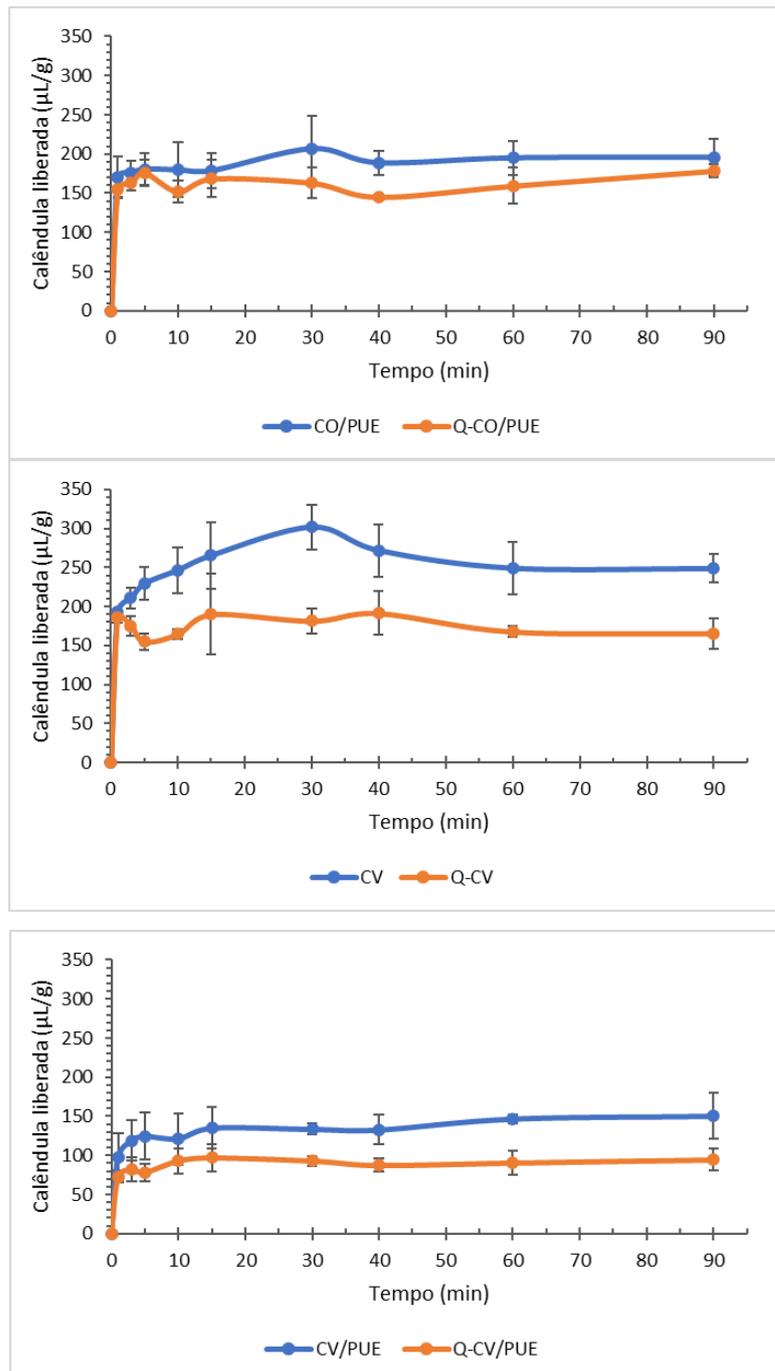


Fonte: O autor (2022).

5.6 ENSAIO DE LIBERAÇÃO *IN VITRO*

Para avaliar o comportamento dos diferentes substratos em relação à liberação da calêndula impregnada, bem como a influência do recobrimento de quitosana, ensaios cinéticos foram realizados utilizando água a 37 °C. A liberação de calêndula, medida em $\mu\text{L/g}$, a partir dos substratos em água, foi avaliada em um período de 90 minutos, e os perfis obtidos estão apresentados na Figura 18.

Figura 18 – Liberação de calêndula nas amostras impregnadas com calêndula e quitosana-calêndula.



Fonte: O autor (2022).

Os resultados obtidos confirmam que ocorreu a liberação da calêndula a partir de todos os substratos quando em contato com a água a 37 °C. Os resultados também indicam que o equilíbrio foi obtido rapidamente, após cerca de 15 minutos para as amostras CV e CV/PUE e em cerca de 5 minutos para as amostras CO/PUE. Esse comportamento é de se esperar de uma amostra com elastano em maior evidência, como foi mostrada pela maior evidência de bandas de elastano nessa amostra, em comparação à CV/PUE, no FTIR. O elastano, por ser uma fibra sintética, não possui boa absorção e isso pode contribuir para uma liberação mais rápida, visto que a solução estava depositada mais superficialmente.

Após estes períodos, a concentração de calêndula no meio de liberação permaneceu praticamente o mesmo. A rápida liberação de agentes ativos nos instantes iniciais de contato com os meios é denominada “*burst release*”, sendo muito comum em diversas aplicações farmacêuticas. Esse efeito pode ser desejado, pois dessa forma o agente ativo é disponibilizado rapidamente para o meio, para que possa iniciar a ação terapêutica (HUANG; BRAZEL, 2001). No entanto, um comportamento ideal apresentaria uma rápida liberação inicial seguida de uma liberação prolongada, para que o efeito terapêutico fosse mantido sem necessidade de remoção ou reaplicações, como no caso de curativos. Neste presente estudo, a ausência de ligações químicas efetivas entre o substrato e a calêndula e a quitosana contribuíram para a rápida liberação.

Em relação aos diferentes substratos, a amostra CV apresentou maior quantidade de calêndula liberada, chegando a 300 µL/g em 30 minutos. Em contrapartida, as amostras do substrato CV + PUE apresentou a menor quantidade total liberada em relação aos demais substratos, observando o comportamento em ambas as soluções. Isso poderia ser explicado pela sua maior gramatura e densidade. Entretanto, não é possível estabelecer uma tendência de liberação quanto aos substratos utilizados neste momento, visto que não foi possível encontrar na literatura registros de liberações utilizando substratos de malha que permita a comparação.

Todas as amostras apresentaram melhor resultado de liberação na impregnação feita apenas com calêndula. Como não foram estabelecidas ligações químicas entre a quitosana e os substratos e a quitosana é muito hidrofílica, há uma afinidade desta para o meio. Isso indica, possivelmente, que nas amostras com soluções quitosana-calêndula, a liberação da quitosana tenha sobressaído a da calêndula.

Outro ponto a mencionar é sobre a estrutura e densidade do substrato e sua relação com a impregnação. O substrato CV + PUE, que possuía maior densidade e gramatura, e a única de estrutura de malha estudada neste trabalho, apresentou menor liberação. Devido à sua estrutura fechada, a amostra apresentou dificuldade na absorção das soluções, em especial a solução quitosana-calêndula que apresentou maior viscosidade. Por este motivo, possivelmente, carregou menos solução e, conseqüentemente, liberou menos quantidade de calêndula.

Considerando a funcionalização dos substratos para uso terapêutico em pacientes de DA, pode-se afirmar que os resultados obtidos são promissores, sendo necessários, entretanto, estudos posteriores para avaliar a duração da funcionalização e validar os métodos. Cabe ressaltar que os ensaios em meio líquido agitado simulam condições drásticas de liberação, sendo utilizados como uma avaliação inicial de como as matrizes poliméricas, neste caso substratos têxteis, se comportam como carregadoras de agentes ativos. A difusividade, que representa a facilidade de um componente migrar para um meio, tende a ser ordens de grandeza inferiores em meio sólido ou semi-sólido do que em um meio líquido. Assim, a liberação da calêndula será muito mais lenta em contato com a pele. Porém, pelos resultados obtidos, já é possível inferir que a aplicação não permitiria usos sucessivos após lavagens, visto a rápida migração obtida em meio aquoso.

6 CONCLUSÃO

A partir desse trabalho foi possível realizar a impregnação de três diferentes substratos têxtil em solução aquosa de calêndula e de calêndula em quitosana. Foram utilizados materiais de gramaturas, densidades, estruturas e composições diferentes, de forma a avaliar a reprodutibilidade do método de impregnação em diferentes substratos têxteis. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios neste estudo preliminar, pois foi possível avaliar a liberação de calêndula a partir das duas soluções de impregnação em todos os substratos. Entretanto, foi apresentado um perfil de liberação imediato nos substratos, sendo que liberou praticamente tudo em 10 minutos e estabilizou.

A amostra de malha CV+PUE apresentou maior gramatura e densidade que as demais, e era o substrato com coloração mais amarelada. Durante os testes prévios de impregnação, observou-se que esse substrato apresentou certa hidrofobicidade, levando um tempo maior que os demais para absorver as soluções, em especial a solução quitosana-calêndula, que é mais viscosa. Isso pode ocorrer devido à maior densidade do substrato, onde sua estrutura fechada dificulta a penetração de líquidos. Da mesma forma, ele também demorou mais pra secar, por ter uma estrutura mais fechada e ser mais pesado (gramatura maior). Por ter uma coloração mais amarelada, o substrato após impregnações ficou esverdeado, devido à adição da coloração amarelada da calêndula com a sua coloração original.

O outro substrato de viscose, CV, era um tecido plano com alto índice de amarrotamento e o mais macio, ambas características esperadas dessa fibra. Levando em conta que a maioria dos pacientes de DA são crianças, um tecido com elevado teor de amarrotamento não é ideal, embora seja necessária a utilização de um substrato macio para prevenir irritações na pele. Nesse sentido, o tecido de CO+PUE é suficientemente macio, respirável e leve; embora a fibra de algodão não proporcione uma boa troca de vapores de ar e água, o que pode resultar em desconforto no uso em dias quentes. Dessa forma, é possível concluir que cada substrato pode ser utilizado para um uso específico dentro dessa aplicação pretendida.

As análises de FTIR apresentaram espectros semelhantes para ambos os substratos de viscose (CV e CV+PUE), porém apresentou diferenças para o tecido de algodão (CO + PUE), onde foi possível observar bandas típicas do elastano. De acordo com os espectros de FTIR não foram identificadas ligações químicas entre os

substratos e a calêndula e/ou quitosana. Desta forma, pode-se concluir que as impregnações foram de caráter físico.

Todas as amostras apresentaram melhor resultado na impregnação com solução aquosa de calêndula. Por não terem sido estabelecidas ligações químicas entre os reagentes e os substratos têxteis, e a afinidade da quitosana com o meio aquoso, foi observado que não houve absorção ou interação química dos substratos com as soluções e que houve apenas uma deposição física. Possivelmente, por esse motivo, a liberação da calêndula tenha sido inibida pela da quitosana.

Considerando o caráter de liberação imediata, a funcionalização é adequada para aplicações em curativos ou bandagens para a técnica *wet wrap* ou similares. Por não ter havido uma liberação controlada, não é interessante o uso em vestuário, pois os substratos não terão solidez à lavagem. Vale ressaltar que, para alegar alguma funcionalização na área médica, todo produto deve obter a aprovação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Dito isso, entende-se que este tema tem potencial para estudos posteriores, sendo necessário o ajuste de alguns pontos de acordo com a aplicação pretendida.

6.1 RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o decorrer do trabalho foram observadas algumas oportunidades de estudo para futuros trabalhos, sendo eles:

- Realizar testes *in vitro* da atividade antimicrobiana para determinação da eficácia dos têxteis funcionalizados;
- Avaliar a liberação de quitosana, além da liberação de calêndula, em diferentes intervalos de tempo;
- Realizar testes com concentrações maiores de calêndula, além de testar a adição de outros agentes ativos com uma propriedade igual ou complementar, como um agente hidratante ou calmante;
- Realizar testes com outras fibras têxteis, e substratos com diferentes estruturas na mesma composição, na tentativa de encontrar tendência de liberação;
- Estudar outros métodos de impregnação que ofereçam maior durabilidade e solidez à lavagem, e que sejam reprodutíveis;

- Estudar outras alterações nos aspectos físicos após impregnação com quitosana, como a recuperação ao amarrotamento, conforme Norma ISO 9867:2009;
- Estudar se há ocorrência de processo alérgico em pacientes com alergia a crustáceos, no tratamento de substratos com quitosana.

REFERÊNCIAS

ABINT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE NÃOTECIDOS E TECIDOS TÉCNICOS. **O QUE SÃO OS TÊXTEIS TÉCNICOS**. Disponível em: <https://www.abint.org.br/texteis-tecnicos/o-que-sao>. Acesso em: 18 nov. 2022.

AGUIAR, Catia Rosana Lange de *et al.* Beneficiamento. In: AGUIAR, Catia Rosana Lange de (org.). **ENGENHARIA TÊXTIL: uma abordagem simplificada**. Florianópolis: Editora Ufsc, 2022. p.189.

ALLERGY & ASTHMA NETWORK. **Eczema (Atopic Dermatitis) Statistics**. Disponível em: <https://allergyasthmanetwork.org/what-is-eczema/eczema-statistics/>. Acesso em: 3 dez. 2022.

ALMEIDA, L.. Environmental and safety issues regarding functional finishes. **Functional Finishes For Textiles**, Guimarães, Portugal, p. 607-627, 2015. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098450.2.607>.

AL-MUSSAWI, Zahraa Kadhum, AL-HUSSANI, Ibtihal Muiz. Phytochemical study of Calendula officinalis plant by used GC-MS and FTIR techniques. **Plant Arch**, v. 19, n. 1, p. 845-51, 2019. Disponível em: [http://plantarchives.org/PDF%2019-1/845-851%20\(5182\).pdf](http://plantarchives.org/PDF%2019-1/845-851%20(5182).pdf). Acesso em: 10 dez. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 105-A05: Têxteis - Ensaios de solidez da cor - Parte A05: Avaliação instrumental da alteração da cor para classificação na escala cinza**. Rio de Janeiro, p. 4. 2007.

AZEVEDO, V. V. C. *et al.* **Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Campina Grande. v.2.3, ISSN 1809-8797. p. 27-34. 2007. Disponível em: https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/4_diversidade/alimentacao/Textos/Quitina_Quitosana.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

BARKER, R.L. *et al.* In Vivo Cutaneous and Perceived Comfort Response to Fabric. **Textile Research Journal**, [S.L.], v. 60, n. 8, p. 490-494, ago. 1990. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/004051759006000809>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/004051759006000809>. Acesso em: 3 dez. 2022.

BARNETSON, R. S. C. Childhood atopic eczema. **Bmj**, Camperdown, Australia, v. 324, n. 7350, p. 1376-1379, 8 jun. 2002. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.324.7350.1376>.

BHUIYAN, Ma & Shaid; MUBARAK, Abu & Khan. (2014). Cationization of Cotton Fiber by Chitosan and Its Dyeing with Reactive Dye without Salt. **Chemical and Materials Engineering**. 2. 96-100. <http://dx.doi.org/10.13189/cme.2014.020402>.

BIERHALZ, Andrea C.K.; MORAES, Ângela Maria. Composite membranes of alginate and chitosan reinforced with cotton or linen fibers incorporating epidermal growth factor. **Materials Science And Engineering**, [S.L.], v. 76, p. 287-294, jul.

2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.015>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28482529/>. Acesso em: 4 dez. 2022.

BORDERÍAS, A.J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M.. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 16, n. 10, p. 458-465, out. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2005.03.011>.

BRIANEZI, Samira Faleiros Silva. Preparação e caracterização de membranas de quitosana e mPEG-PCL para recobrimento de feridas e liberação controlada de gentamicina. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2016. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/1071>. Acesso em: 7 dez. 2022.

CHENG, S.y. *et al.* Development of Cosmetic Textiles Using Microencapsulation Technology. **Research Journal Of Textile And Apparel**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 41-51, 1 nov. 2008. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/rjta-12-04-2008-b005>.

COSTA, Ana Luísa Bobião. **Avaliação de Amaciadores para Uso na Indústria Têxtil**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2014. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/35413>. Acesso em: 9 dez. 2022.

COSTA, Miguel Ângelo Garrido da. **Desenvolvimento de têxteis com propriedades funcionais**. 2018. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioquímica em Saúde, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2018. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/13667/1/DM_MiguelCosta.pdf. Acesso em: 3 dez. 2022.

CREPALDI, Eduardo Antonio. **Influência do fator de cobertura nas propriedades de permeabilidade de tecidos planos**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Têxtil e Moda, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100133/tde-06122018-161422/publico/2>. Acesso em: 3 dez. 2022.

Dermatite Atópica: informações básicas. ASSOCIAÇÃO DE APOIO À DERMATITE ATÓPICA (AADA). Disponível em: https://www.aada.org.br/material-didatico/cartilhas/#dearflip-df_2869/1. Acesso em: 28 nov. 2022.

EL-SAYED, G. A., DIAA, M., & HASSABO, A. G. (2021). Potential Uses of Aloe Veraextractionin finishing and Textile Wet Process. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 18(2), 159-169. Disponível em: https://jtcps.journals.ekb.eg/article_185593_3d74369be9bfad41d20a3d3a323488e5.pdf. Acesso em: 5 dez. 2022.

ENESCU, Daniela. Use of Chitosan in Surface Modification of Textile Materials. **Roumanian Biotechnological Letters**, Iasi, Romania, v. 13, n. 6, p. 4037-4048, nov. 2008. Disponível em: <http://www.rombio.eu/rbl6vol13/4.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2022.

FERREIRA, Alexandre José Sousa *et al.* Malharia. In: AGUIAR, Catia Rosana Lange de (org.). **ENGENHARIA TÊXTIL: uma abordagem simplificada**. Florianópolis: Editora Ufsc, 2022. p. 107-114.

FERREIRA, Alexandre José Sousa; FERREIRA, Fernando Batista Nunes; OLIVEIRA, Fernando Ribeiro. Têxteis Inteligentes: uma breve revisão da literatura. **Redige**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1-22, fev. 2014. Disponível em: <https://texcontrol.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Texteis-Inteligentes-Uma-breve-revisao-da-literatura-Texteis-inteligentes.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

FLUHR, JW *et al.* Silver-loaded seaweed-based cellulosic fiber improves epidermal skin physiology in atopic dermatitis: safety assessment, mode of action and controlled, randomized single-blinded exploratory in vivo study. *Exp Dermatol*. 2009;19:e9–e15. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2009.00943.x>

FOWLER JR, Joseph F.; FOWLER, Lynn M.; LORENZ, Douglas. Effects of merino wool on atopic dermatitis using clinical, quality of life, and physiological outcome measures. **Dermatitis**, v. 30, n. 3, p. 198, 2019. National Library of Medicine. <http://dx.doi.org/10.1097/DER.0000000000000449>.

FUTAMURA, Masaki *et al.* Effects of a Short-Term Parental Education Program on Childhood Atopic Dermatitis: a randomized controlled trial. **Pediatric Dermatology**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 438-443, 5 mar. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/pde.12105>.

GASHTI, Parvinzadeh. Nanocomposite Coatings: state of the art approach in textile finishing. **Journal Of Textile Science & Engineering**, [S.L.], v. 04, n. 02, 2013. OMICS Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.4172/2165-8064.1000e120>.

GAUGER, A., RING, J.. Antimicrobial Therapy in Atopic Eczema. In: RING, J.; PRZYBILLA, B.; RUZICKA, T. (ed.). **Handbook of Atopic Eczema**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2006. Cap. 53, p. 496. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29856-8>. Acesso em: 5 dez. 2022.

GAUGER, Anke *et al.* Silver-Coated Textiles Reduce Staphylococcus aureus Colonization in Patients with Atopic Eczema. **Dermatology**, [S.L.], v. 207, n. 1, p. 15-21, 2003. S. Karger AG. <http://dx.doi.org/10.1159/000070935>.

HARLAPUR, S. F.; HARLAPUR, Sujata F.; NAGASWARUPA, H. P. Marigold: Eco-friendly natural dye for fabrics. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 10, p. 22350-22354, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.601>.

HUANG, Xiao; BRAZEL, Christopher s. On the importance and mechanisms of burst release in matrix-controlled drug delivery systems. **Journal Of Controlled Release**, [S.L.], v. 73, n. 2-3, p. 121-136, jun. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-3659\(01\)00248-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-3659(01)00248-6).

HUSS-MARP, J., EBERLEIN-KÖNIG, B., RING, J.. The Phenomenon of Irritable Skin in Atopic Eczema. In: RING, J.; PRZYBILLA, B.; RUZICKA, T. (ed.). **Handbook of**

Atopic Eczema. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2006. Cap. 38, p. 374-375. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29856-8>. Acesso em: 3 dez. 2022.

IMMICH, Ana Paula Serafini *et al.* Fibras. In: AGUIAR, Catia Rosana Lange de (org.). **ENGENHARIA TÊXTIL**: uma abordagem simplificada. Florianópolis: Editora Ufsc, 2022. p. 26-28, 47, 65-67.

IMMICH, Ana Paula Serafini. **RETICULAÇÃO DE COMPOSTOS POLIMÉRICOS PARA RECOBRIMENTO DE SUPERFÍCIES**. 2009. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92890>. Acesso em: 4 dez. 2022.

ISLAM, Nazrul; DMOUR, Isra; TAHA, Mutasem O. Degradability of chitosan micro/nanoparticles for pulmonary drug delivery. **Heliyon**, v. 5, n. 5, p. e01684, 2019. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01684>

JAROS, Joanna; WILSON, Claire; SHI, Vivian Y. Fabric selection in atopic dermatitis: an evidence-based review. **American Journal of Clinical Dermatology**, v. 21, n. 4, p. 467-482, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s40257-020-00516-0>.

KANEHARA, S. *et al.* Clinical effects of undershirts coated with borage oil on children with atopic dermatitis: a double-blind, placebo controlled clinical trial. **J Dermatol**. 2007;34:811–15. Pub Med. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.2007.00391.x>

KHAN, T.A. *et al.* Chitosan-Coated 5-Fluorouracil Incorporated Emulsions as Transdermal Drug Delivery Matrices. **Polymers** 2021, 13, 3345. <https://dx.doi.org/10.3390/polym13193345>

KHARAT, Zahra *et al.* Chitosan/PEO nanofibers containing Calendula officinalis extract: preparation, characterization, in vitro and in vivo evaluation for wound healing applications. **International Journal Of Pharmaceutics**, [S.L.], v. 609, p. 121132, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.121132>.

KOMARKOVA, Petra; GLOMBIKOVA, Viera; VESELA, Daniela. Comfort properties of special clothes worn by sufferers from atopic dermatitis. **Textile Research Journal**, [S.L.], p. 004051752211389, 25 nov. 2022. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/00405175221138979>.

KRYSIK, Zuzanna J. *et al.* Moisturizing effect of skin patches with hydrophobic and hydrophilic electrospun fibers for atopic dermatitis. **Colloids And Surfaces B: Biointerfaces**, [S.L.], v. 199, p. 1-8, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.111554>.

KURAKULA, Malleesh; NAVEEN, N. Raghavendra. Electrospinning: a facile technology unfolding the chitosan based drug delivery and biomedical applications. **European Polymer Journal**, [S.L.], v. 147, p. 110326, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110326>.

LIM, Sang-Hoon; HUDSON, Samuel M.. Application of a fiber-reactive chitosan derivative to cotton fabric as an antimicrobial textile finish. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 56, n. 2, p. 227-234, jun. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.02.005>.

LIMA, Anadhelly Cristina da Silva de; et.al. **Os Efeitos de Fatores Psicossomáticos no Tecido Cutâneo: Uma Revisão de Literatura**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 06, Vol. 03, pp. 32-51, Junho de 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/saude/fatores-psicossomaticos>. Acesso em 3 dez. 2022.

LOPES, Cristina et al. Chitosan coated textiles may improve atopic dermatitis severity by modulating skin staphylococcal profile: a randomized controlled trial. **PloS one**, v. 10, n. 11, p. e0142844, 2015. PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142844>.

LOPES, Cristina *et al.* Functional textiles for atopic dermatitis: a systematic review and meta-analysis. **Pediatric Allergy And Immunology**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 603-613, 27 ago. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/pai.12111>.

LORSCHTEITER, Vanessa; FOLLE, Luis Fernando. A eficácia de produtos hidrofóbicos aplicados em tecidos 90% poliéster 10% elastano estampados. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 1-13, 10 ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170003.0203>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/Pv5TWFb43R6F4XTvh4F7Hqx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 4 dez. 2022.

LUGER, Thomas *et al.* Atopic dermatitis: role of the skin barrier, environment, microbiome, and therapeutic agents. **Journal Of Dermatological Science**, [S.L.], v. 102, n. 3, p. 142-157, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdermsci.2021.04.007>.

MANCUSO, J. B., LEE, S. S., PALLER, A. S., OHYA, Y., & EICHENFIELD, L. F. (2021). Management of Severe Atopic Dermatitis in Pediatric Patients. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 9(4), 1462–1471. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2021.02.017>.

MARTINS, Quesli. **FUNCIONALIZAÇÃO DE TECIDOS COM ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO ENCAPSULADO EM MATRIZES DE QUITOSANA E ALGINATO**. 2022. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Têxtil, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/233258>. Acesso em: 5 dez. 2022.

MEMPEL, M.. Staphylococcus aureus and Atopic Eczema. In: RING, J.; PRZYBILLA, B.; RUZICKA, T. (ed.). **Handbook of Atopic Eczema**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2006. Cap. 42, p. 406-407. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29856-8>. Acesso em: 3 dez. 2022.

MOBOLAJI-LAWAL, Motunrayo; NEDOROST, Susan. The role of textiles in dermatitis: an update. **Current allergy and asthma reports**, v. 15, n. 4, p. 1-7, 2015. National Library of Medicine. <https://doi.org/10.1007/s11882-015-0518-0>

MOHAMED, Sarah A.; HARGEST, Rachel. Surgical anatomy of the skin. **Surgery (Oxford)**, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 1-7, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.11.021>.

NATIONAL Eczema Association: What is Eczema? c2022. Disponível em: <https://nationaleczema.org/eczema/>. Acesso em: 3 dez. 2022.

NUNES, Kariane Mendes. **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA E ESTUDOS PRELIMINARES DE PLANEJAMENTO DA FORMULAÇÃO FITOTERÁPICA SEMI-SÓLIDA CONTENDO TINTURA DE CALENDULA OFFICINALIS L.** 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências da Saúde, Belém, 2008. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Disponível em: http://bdt.d.ibict.br/vufind/Record/UFPA_d24895cd79cc0bf0382ddb2f751a30af. Acesso em: 28 nov. 2022.

OLESEN, A. Braae. Diseases Rarely Associated with Atopic Eczema. In: RING, Johannes; PRZYBILLA, Bernhard; RUZICKA, Thomas. **Handbook of Atopic Eczema**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2006. Cap. 13, p. 165. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29856-8>. Acesso em: 25 nov. 2022.

OLIVEIRA, Danielle Ferreira de. **CONFIABILIDADE METROLÓGICA E VALIDAÇÃO DE PROCEDIMENTOS ESPECTRORADIOMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DE FONTES LUMINOSAS.** 2006. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=9324@1>. Acesso em: 7 dez. 2022. <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.9324>.

PALANIVEL, Rameshthangam; DHANASEKARAN, Solairaj; PANDIAN, Chitra Jeyaraj. Properties and Applications of Chitosan-Based Nanocomposites. **Marine Polysaccharides**, p. 169-192, 2018. <http://dx.doi.org/10.1201/9780429058929-7>

PARENTE, Leila Maria Leal *et al.* Wound Healing and Anti-Inflammatory Effect in Animal Models of Calendula officinalisL. Growing in Brazil. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine: Special Issue: Ethnopharmacological Approaches to Wound Repair**, [S.L.], v. 2012, p. 1-7, 2012. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/375671>.

PAUL, R.. Functional finishes for textiles: an overview. **Functional Finishes For Textiles**, [S.L.], p. 1-14, 2015. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098450.1>.

PEREIRA, Anderson de Almeida. **AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DE TECIDOS DE ALGODÃO IMPREGNADOS COM QUITOSANA, VISANDO SUA UTILIZAÇÃO EM ROUPAS HOSPITALARES.** 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina

Grande, Campina Grande, 2014. Disponível em:
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/419> . Acesso em: 7 dez. 2022.

RATHOD, Lalaji et al. Calendula flower extract loaded collagen film exhibits superior wound healing potential: Preparation, evaluation, in-vitro & in-vivo wound healing study. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 72, p. 103363, 2022. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.103363>.

REZENDE, Talita Colombi. **PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGEL COM NANOPARTÍCULA DE CÉRIO, Calendula officinalis OU Bixa orellana L., COMO POTENCIAIS CURATIVOS DE FERIDAS CRÔNICAS**. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Es, 2018. Disponível em:
<https://repositorio.ufes.br/handle/10/7821>. Acesso em: 5 dez. 2022.

RICCI, G. *et al.* Use of Textiles in Atopic Dermatitis. **Biofunctional Textiles And The Skin**, [S.L.], p. 127-143, 2006. KARGER. <http://dx.doi.org/10.1159/000093940>.

RIGBY, A. J.; ANAND, S. C.; HORROCKS, A. R.. Textile Materials for Medical and Healthcare Applications. **Journal Of The Textile Institute**, [S.L.], v. 88, n. 3, p. 83-93, jan. 1997. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00405009708658589>.

ROMERO, Luiz Lauro et al. Fibras artificiais e sintéticas. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 1 , p. [54]-66, jul. 1995. Disponível em:
<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4241>. Aceso em 3 dez. 2022.

SCHÄFER, T. Epidemiology of Atopic Eczema. In: RING, Johannes; PRZYBILLA, Bernhard; RUZICKA, Thomas. **Handbook of Atopic Eczema**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2006. Cap. 3, pp. 21-22. Disponível em:
<https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29856-8>. Acesso em: 25 nov. 2022.

SCHMIDT, Ana Paula Prestes. **LIBERAÇÃO PROLONGADA DE ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE EM TECIDO 100% ALGODÃO**. 2022. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Têxtil, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/238223>. Acesso em: 4 dez. 2022.

SEIDENARI, S.; GIUSTI, F.. Measuring Disturbed Barrier Function in Atopic Eczema. In: RING, J.; PRZYBILLA, B.; RUZICKA, T. (ed.). **Handbook of Atopic Eczema**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2006. Cap. 49, p. 475. Disponível em:
<https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-29856-8>. Acesso em: 5 dez. 2022.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI) (São Paulo). **Processos produtivos têxteis**. São Paulo: Senai-Sp Editora, 2014. p. 17, 19, 61.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI) (São Paulo). **Malharia**. São Paulo: Senai-Sp Editora, 2015. 176 p. 28.

SIAVASHANI, Vahid Shakeri *et al.* Highly stretchable conductive fabric using knitted cotton/lycra treated with polypyrrole/silver NPs composites post-treated with PEDOT: pss. **Journal Of Industrial Textiles**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 4571-4588, 16 dez. 2021. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/15280837211059212>.

SILVA, Francisco Claudivan da *et al.* Tecelagem. In: AGUIAR, Catia Rosana Lange de (org.). **ENGENHARIA TÊXTIL: uma abordagem simplificada**. Florianópolis: Editora Ufsc, 2022. p. 151-154.

SINCLAIR, R.. Understanding Textile Fibres and Their Properties. **Textiles And Fashion**, [S.L.], p. 3-27, 2015. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-1-84569-931-4.00001-5>.

SROUR, J. *et al.* Evaluation of antimicrobial textiles for atopic dermatitis. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology**, v. 33, n. 2, p. 384-390, 2019. Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1111/jdv.15123>.

SÜLAR, Vildan; DEVRİM, Gökberk. Biodegradation behaviour of different textile fibres: visual, morphological, structural properties and soil analyses. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, n. 1 (133), p. 100--111, 2019. <http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0012.7751>.

TAHAMI, Seyed Rasoul *et al.* In vitro and in vivo evaluation of nanofibre mats containing Calendula officinalis extract as a wound dressing. **Journal Of Wound Care**, [S.L.], v. 31, n. 7, p. 598-611, 2 jul. 2022. Mark Allen Group. <http://dx.doi.org/10.12968/jowc.2022.31.7.598>.

TAN, Lee-Yae *et al.* A review of antimicrobial fabric containing nanostructures metal-based compound. **Journal Of Vinyl And Additive Technology**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 1-27, 15 set. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/vnl.21606>.

WANG, Qiuyu *et al.* Study on the Structure and Skin Moisturizing Properties of Hyaluronic Acid Viscose Fiber Seamless Knitted Fabric for Autumn and Winter. **Materials**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 1806, 28 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma15051806>.

WANG, Wenji; HUI, Patrick CL; KAN, Chi-Wai. Functionalized textile based therapy for the treatment of atopic dermatitis. **Coatings**, v. 7, n. 6, p. 82, 2017. <https://dx.doi.org/10.3390/coatings7060082>

WIEGAND, C. *et al.* Skin-protective effects of a zinc oxide functionalized textile and its relevance for atopic dermatitis. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2013; 6:115–21. National Library of Medicine. <https://doi.org/10.2147%2FCCID.S44865>

WOLLINA, Uwe. Microbiome in atopic dermatitis. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology**, v. 10, p. 51, 2017.

ZHONG, Wen *et al.* Textiles and Human Skin, Microclimate, Cutaneous Reactions: an overview. **Cutaneous And Ocular Toxicology**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 23-39, jan. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15569520500536600>.

ZHOU, By Chang-E *et al.* A Review of Chitosan Textile Applications. **Aatcc Journal Of Research**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 8-14, maio 2019. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.14504/ajr.6.s1.2>. Disponível em:
<https://journals.sagepub.com/doi/10.14504/ajr.6.S1.2>. Acesso em: 4 dez. 2022.