



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Beatriz Fernandes Alencar

Fenómeno de Raynaud – estudo de um  
produto têxtil para a prevenção e alívio dos  
sintomas





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Beatriz Fernandes Alencar

Fenómeno de Raynaud – estudo de um  
produto têxtil para a prevenção e alívio dos  
sintomas

Dissertação de Mestrado  
Design e Marketing de Produtos Têxteis, Vestuário e Acessórios

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor André Paulo de Almeida Whiteman Catarino

Julho de 2023

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações  
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por todo apoio, motivação e por estarem sempre presentes, independente da distância geográfica.

Agradeço ao meu marido e aos meus sogros por todo cuidado, carinho e incentivo.

Agradeço aos meus amigos-irmãos por fazerem parte da minha trajetória pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor André Paulo de Almeida Whiteman Catarino pela disponibilidade, paciência e partilha de conhecimento.



## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Ana Beatriz Fernandes Alencar

## RESUMO

O Fenómeno de Reynaud consiste em uma condição na qual ocorre uma resposta exagerada do organismo às baixas temperaturas climáticas ou estímulos emocionais, que pode desencadear um conjunto de manifestações clínicas. Esta patologia caracteriza-se por episódios reversíveis de vasoespasmos das extremidades, associadas a alterações de coloração dos dedos. Esses episódios são frequentemente acompanhados de dor, sensação de formiguelo, queimadura e dormência. No geral, as mãos e os pés são as áreas mais afetadas. O estudo desta síndrome e seus dados de incidência identificaram a necessidade de produtos adequados a este público. A pesquisa do consumidor envolveu um questionário dirigido a pessoas diagnosticadas com o Fenómeno de Raynaud, bem como relatos de indivíduos, por meio de grupos relacionados à patologia. A análise subsequente reconheceu a importância de desenvolver um produto que promova proteção efetiva e alívio de alguns sintomas desse fenômeno, através de materiais funcionais e biofuncionais, com propriedades que alcance os requisitos determinados para o produto. Para tanto, foi pensada uma luva especial, capaz de gerar calor por meio de um processo físico, onde pode ser acionado e interrompido pelo usuário. O produto tem como objetivo proporcionar o conforto necessário de acordo com as limitações causadas por essa síndrome, além de minimizar a frequência dos ataques e melhorar a qualidade de vida dos usuários.

## PALAVRAS-CHAVE

Fenómeno de Raynaud; Luvas Especiais; Malhas; Materiais Funcionais



## ABSTRACT

Raynaud's phenomenon is a condition in which the organism over responds to cold weather or emotional stimulation, that can trigger a set of clinical manifestations. This pathology is characterized by reversible episodes of extremity vasospasm associated with finger color changes. These episodes are often accompanied by pain, tingling, burning, and numbness. In general, the hands and feet are the most affected areas. The study of this syndrome and its incidence data identified the need for adequate products for such a public. Consumer research involved a survey targeting people diagnosed with Raynaud's Phenomenon as well as reports from individuals through groups related to the pathology. The subsequent analysis recognized the importance of developing a product that promotes effective protection and relief of some symptoms of this phenomenon, through functional and biofunctional materials, with properties that reach the requirements determined for the product. For that purpose, a special glove was thought in order, capable of generating heat through a physical process which can be activated and interrupted by the user. The product aims to provide the necessary comfort according to the limitations caused by this syndrome, in addition to minimizing the frequency of attacks and improving the users' quality of life.

## KEYWORDS

Raynaud's Phenomenon; Special Gloves; knitwear; Functional Material



## Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	vi
Abstract .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xv
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivos gerais .....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Metodologia .....	2
1.4 Estrutura da dissertação .....	6
2. Revisão Bibliográfica .....	7
2.1 Fenómeno de Raynaud .....	7
2.1.1 Prevalência .....	11
2.1.2 Diagnóstico e manejo .....	12
2.2 O ambiente térmico frio e o corpo humano .....	15
2.2.1 Mecanismos do corpo humano .....	16
2.2.2 Níveis de limitação de desempenho .....	18
2.3 Luvas de proteção contra o frio .....	20
2.3.1 Requisitos e características .....	21
2.3.2 Performance .....	21
2.4 Evolução têxtil e aplicações atuais .....	23
2.4.1 Têxteis funcionais .....	25
2.4.2 Têxteis biofuncionais .....	26
2.5 Materiais aplicados .....	27
2.5.1 Têxteis <i>Far Infrared</i> .....	27
2.5.2 Seacell .....	30
2.5.3 Fios condutores .....	34

3.	Investigação Quantitativa.....	37
3.1	Introdução.....	37
3.1.1	Elaboração e estrutura do questionário .....	37
3.1.2	Pré-teste do questionário .....	38
3.1.3	A coleta dos dados .....	39
3.2	Análise dos dados.....	39
3.3	Requisitos do produto .....	51
4.	Procedimento Experimental.....	52
4.1	Planeamento dos experimentos.....	52
4.2	Materiais .....	53
4.3	Métodos .....	53
4.3.1	Seleção do fio condutor elétrico .....	54
4.3.2	Seleção da configuração do fio condutor na luva .....	55
4.3.3	Protótipos e seleção do material de base da luva.....	55
4.3.4	Análise do comportamento do material condutor.....	56
5.	Resultados e Discussão.....	58
5.1	Seleção do fio condutor elétrico.....	58
5.2	Seleção da configuração do fio condutor na luva .....	58
5.3	Protótipos e seleção do material de base da luva.....	60
5.4	Análise do comportamento do material condutor .....	62
6.	Conclusões e Perspectivas Futuras.....	65
6.1	Conclusões.....	65
6.2	Perspectivas futuras.....	67
	Referências Bibliográficas .....	68
	Anexo I – Questionário Dirigido ao Público .....	75
	Anexo II – Tabelas: Resultados dos Experimentos .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da metodologia de Munari (2008).....	4
Figura 2 – Etapas do projeto.....	4
Figura 3 – (A) dígitos brancos com vasoconstrição intensa; (B) dígitos azuis com estase venosa hipoxêmica; (C) dígitos vermelhos com reperusão hiperêmica .....	8
Figura 4 – Paciente com FR-ES. Além da cianose típica, também há evidência de ulceração digital ativa afetando a ponta do polegar direito e corrosão em alguns dígitos .....	9
Figura 5 – (A) capilares normais; (B) dobra ungueal anormais, com capilares dilatados, distorção da arquitetura normal da dobra ungueal e áreas de avascularidade.....	12
Figura 6 – Transferência de calor entre o corpo humano e o ambiente externo.....	16
Figura 7 – Evolução no resfriamento local das extremidades (da esquerda para direita), ao passo que elas são sacrificadas para proteger o núcleo .....	17
Figura 8 – Níveis de temperatura (mãos e dedos) e os impactos na destreza manual .....	19
Figura 9 – Estímulos e suas funcionalidades têxteis correspondentes .....	26
Figura 10 – Localização e distribuição do IR dentro do espectro eletromagnético.....	28
Figura 11 – (A) <i>Ascophyllum nodosum</i> ; (B) fibra, fio e tecido.....	33
Figura 12 – Processo de fabricação da fibra de seacell e seacell active através do processo lyocell....	34
Figura 13 – Gênero .....	40
Figura 14 – Faixa etária.....	41
Figura 15 – Filhos .....	41
Figura 16 – Nível de escolaridade .....	42
Figura 17 – Origem do FR .....	43
Figura 18 – Frequência em que o FR se manifesta .....	43
Figura 19 – Sintomas apresentados comumente na área das mãos .....	44
Figura 20 – Partes do corpo afetadas pelo FR.....	44
Figura 21 – Mudanças no aspecto das mãos .....	45
Figura 22 – Rotina de cuidados com a pele das mãos.....	45
Figura 23 – Mudanças na rotina para a melhoria da qualidade de vida.....	46
Figura 24 – Influência do FR no desempenho diário.....	47
Figura 25 – Oferta de produtos.....	49

Figura 26 – Luvas utilizadas .....	49
Figura 27 – Grau de importância das características das luvas.....	50
Figura 28 – Fases dos Experimentos .....	52
Figura 29 – Fios condutores utilizados nos experimentos .....	53
Figura 30 – Recursos utilizados nos experimentos .....	54
Figura 31 – (I) fios de monofilamento de cobre; (II) fios elásticos revestidos de prata (Elitex E); (III) fios de filamentos de poliamida revestidos de prata (Shieldex); (IV) fios de mistura de poliéster/aço inoxidável (bekinox) .....	54
Figura 32 – Configuração do fio condutor: (A) modelo 1; (B) modelo 2; (C) modelo 3 .....	55
Figura 33 – Testes dos protótipos com malhas têxteis com propriedades FIR .....	56
Figura 34 – Testes: média de temperatura do elemento de aquecimento .....	56
Figura 35 – Imagem térmica do modelo 2. As áreas vermelhas representam uma temperatura acima de 50°C .....	58
Figura 36 – Seleção da configuração do fio condutor: (A) modelo 1; (B) modelo 2; (C) Modelo 3 .....	59
Figura 37 – Imagens térmicas – testes para a seleção do arranjo do fio condutor: (A) modelo 1; (B) modelo 2; (C) modelo 3.....	59
Figura 38 – Teste dos protótipos: escolha do material base. Tensão – temperatura (média) .....	60
Figura 39 – Teste dos protótipos: escolha do material base. Tensão – corrente (média) .....	61
Figura 40 – Protótipo malha com propriedades FIR. (A) as áreas vermelhas representam uma temperatura acima de 40°C; (B) as áreas vermelhas representam uma temperatura acima de 60°C.....	62
Figura 41 – Teste – média de temperatura do fio selecionado (Elitex E). Valores médios para tensão, corrente e temperatura.....	62
Figura 42 – Teste – caracterização dos efeitos colaterais do elemento de aquecimento (Elitex E). Valores médios para tensão, corrente e encolhimento .....	63

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Usos de algas marinhas ao longo do tempo, com foco na trajetória histórica moderna da indústria e da pesquisa aplicada dessas algas.....	31
Tabela 2 – Profissões dos inquiridos.....	41
Tabela 3 – Respostas dos participantes sobre a rotina de cuidados com a pele das mãos .....	46
Tabela 4 – Relatos dos participantes sobre os impactos provocados pelo FR .....	48
Tabela 5 – Sugestões/comentários dos participantes sobre o produto.....	50
Tabela 6 – Requisitos do produto.....	51





## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ES – Esclerose sistêmica

FR – Fenómeno de Raynaud

FIR – Far infrared radiation

IR – Infrared

UD – Úlcera digital

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

O fenómeno de Raynaud (FR) é uma manifestação clínica comum. Para Silva et al. (2011), deve-se a uma reação vasospástica exagerada em resposta ao frio ou a estímulos emocionais. Caracteriza-se por episódios de isquemia digital transitórios de um ou mais dedos das mãos e/ou dos pés. Em casos mais graves, pode acometer outras áreas como a ponta do nariz, lóbulo da orelha e mamilos. Esses episódios são frequentemente acompanhados de dor, que pode ser severa, além das parestesias (sensação de formigueiro, queimadura ou dormência).

O FR pode ser primário, descrito como um evento funcional benigno, onde não está associado a nenhuma doença ou condição subjacente, ou secundário, quando está associado a uma série de condições, principalmente a doenças reumáticas autoimunes (Kayser et al, 2009).

A variação geográfica tem influência na prevalência do FR, lugares com clima frio e húmido caracterizam-se por possuírem maior incidência desse fenómeno. De acordo com Silva et al. (2011), esta patologia predomina no sexo feminino e 90% dos casos é de origem primária.

Através da observação dos dados de incidência do FR, assim como diante da necessidade detectada de oferta de produtos especiais para proteção nomeadamente das mãos em situações de baixa temperatura, visto que esta é uma das áreas mais atingidas e, seguido da coleta de dados e análise de relatos de pessoas acometidas por esse fenómeno, este trabalho tem como objetivo o estudo de um produto adequado para este público, visando a melhoria da qualidade de vida dos mesmos.

Entender o problema, como as suas causas e formas alternativas de tratá-lo ou preveni-lo, é imprescindível para o desenvolvimento deste produto, de forma que corresponda efetivamente com os resultados desejados de prevenção e alívio de alguns sintomas, e proporcione em simultâneo o conforto necessário para este tipo de artigo.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivos gerais

Estudar e desenvolver um produto têxtil para prevenir e promover o alívio da sintomatologia associada ao FR, contribuindo com a manutenção da qualidade de vida dos usuários.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Compreender o FR;
- Identificar as necessidades do público-alvo e definir os requisitos do produto;
- Identificar as soluções existentes;
- Desenvolver um produto especial contra danos nos tecidos das mãos, em decorrência das baixas temperaturas para portadores do FR;
- Identificar e utilizar materiais/acabamentos que auxiliem no alívio dos sintomas provocados por este fenómeno;
- Verificar o funcionamento da solução proposta através de caracterização adequada das suas propriedades.

## 1.3 Metodologia

Este trabalho desenvolve-se através de uma abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa qualitativa busca analisar as questões propostas considerando diversos elementos que servem como influência na construção do método, dessa forma, Sampieri, Collado e Lúcio (2006) descrevem:

Com frequência esse enfoque está baseado em métodos de coleta de dados sem medição numérica, como as descrições e as observações. Regularmente, questões e hipóteses surgem como parte do processo de pesquisa, que é flexível e se move entre os eventos e sua interpretação, entre as respostas e o desenvolvimento da teoria. Seu propósito consiste em “reconstruir” a realidade, tal como é observada pelos atores de um sistema social predefinido. Muitas vezes é chamado de “holístico”, porque considera o todo, sem reduzi-lo ao estudo de suas partes (Sampieri, Collado e Lúcio, 2006, p. 5).

Um estudo qualitativo procura compreender seu fenómeno de estudo em seu ambiente usual (como as pessoas vivem, se comportam e atuam; o que pensam; quais são suas atitudes etc.) Este tipo de pesquisa dá profundidade aos dados, à dispersão, à riqueza interpretativa, à contextualização do ambiente, aos detalhes e às experiências únicas (Sampieri, Collado, Lucio, 2006).

Já a pesquisa quantitativa é focada na objetividade, “considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o

uso de recursos e de técnicas estatísticas” (Silva, Menezes, 2005, p.20). Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida baseada na análise de dados brutos, coletados com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. Utiliza a linguagem matemática para descrever as causas de um fenómeno, as relações entre variáveis, etc. A aplicação simultânea da pesquisa qualitativa e quantitativa possibilita recolher mais informações do que se poderia conseguir separadamente (Fonseca, 2002).

Do ponto de vista de seus objetivos esta pesquisa pode ser definida como explicativa, visto que pretende explicar as características e a razão pela qual os fenómenos ocorrem. Neste contexto, Severino (2007) reforça que a pesquisa explicativa, além de registrar e analisar os fenómenos estudados, também vai identificar as suas causas, seja por meio da aplicação do método experimental/matemático, ou a partir da interpretação proporcionada pelos métodos qualitativos.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como bibliográfica e experimental. “Essencialmente, a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto” (Gil, 2002, p.47). Para isto, o pesquisador utiliza um local apropriado, aparelhos e instrumentos de precisão, com intuito de demonstrar o modo ou as causas pelas quais um fato é produzido, permitindo assim o estudo de suas causas e seus efeitos.

A pesquisa bibliográfica faz-se presente neste estudo para a conceituação das variantes envolvidas, e se dá por meio de livros, revistas, jornais, teses, monografias, artigos e internet. Dessa forma, a pesquisa bibliográfica foi desenvolvida através da leitura interpretativa e registro das informações.

De acordo com Severino (2007), a pesquisa bibliográfica é aquela realizada através do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos como livros, artigos, teses, entre outros. Os textos dão embasamento aos temas pesquisados. “O objetivo da pesquisa bibliográfica, portanto, é o de conhecer e analisar as principais contribuições teóricas existentes sobre um determinado tema ou problema, tornando-se um instrumento indispensável para qualquer tipo de pesquisa” (Köche, 1997, p.122).

Conforme Marconi e Lakatos (2006), a definição do que é a pesquisa bibliográfica e a sua utilidade permite compreender que:

Se de um lado a resolução de um problema pode ser obtida através dela, por outro, tanto a pesquisa de laboratório quanto a de campo (documentação direta) exigem, como premissa, o levantamento do estudo da questão que se propõe a analisar e

solucionar. A pesquisa bibliográfica pode, portanto, ser considerada também como o primeiro passo de toda a pesquisa científica (Marconi, Lakatos, 2006, p. 44).

Para o desenvolvimento do produto idealizado neste projeto, foi utilizada a metodologia de Munari (2008), apresentada na figura 1. Isto devido a sua característica sistemática, porém, flexível, no que concerne a gestão das etapas do projeto, e a possibilidade de identificar e solucionar de forma precoce as falhas que possam surgir durante o processo, tendo como objetivo atingir o melhor resultado.

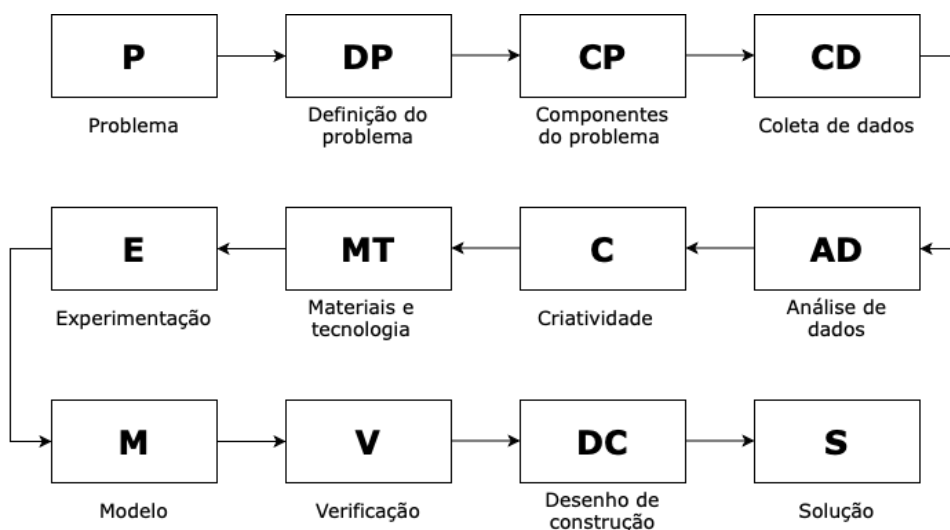


Figura 1. Etapas da metodologia de Munari (2008). Fonte: Adaptado pela autora.

Diante da problemática apresentada, esta metodologia foi adaptada ao projeto, visando o melhor alcance da solução. Esta se deu através de seis etapas, indicadas na figura 2.

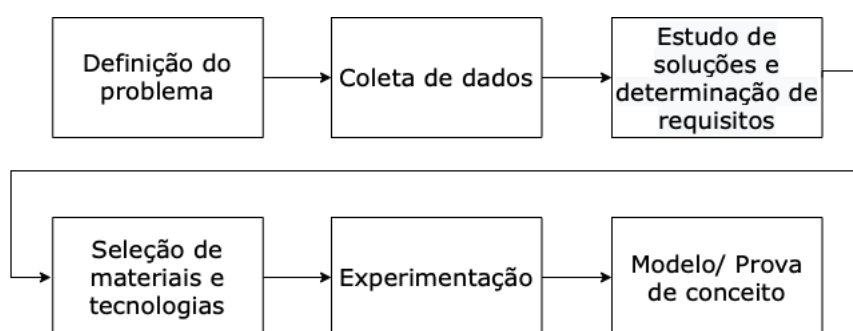


Figura 2. Etapas do projeto. Fonte: elaborado pela autora adaptado da metodologia de Munari (2008).

### *Definição do problema*

Através do reconhecimento das limitações causadas pelo FR, devido aos desconfortos gerados pela patologia, e a alguns sintomas incapacitantes que se refletem na qualidade de vida dos portadores,

objetivou-se desenvolver um produto especial para este público, capaz de diminuir a frequência dos ataques desse fenómeno, e promover proteção e alívio de alguns sintomas.

### *Coleta de dados*

Esta etapa consiste na coleta de informações mais detalhadas, para conhecer cada parte do todo e analisar estes componentes separadamente, tornando-se indispensável para o êxito do projeto. Dessa forma, recorreu-se às pesquisas de mercado, de matéria-prima, de tecnologias e de público-alvo. A pesquisa de público-alvo neste contexto, objetiva recolher informações que caracterizem os entrevistados e quanto ao universo desse público relacionadas com a patologia, a fim de obter dados importantes que levem a identificação dos requisitos do produto. Estas informações foram obtidas por meio da aplicação de questionários, através da plataforma Google Docs, e da análise de relatos em grupos do *Facebook* (de diferentes países) relacionados à patologia.

### *Estudo de soluções e determinação de requisitos*

Nesta etapa, busca-se levantar o máximo de ideias possíveis para se chegar a uma solução, expandindo as possibilidades. Diante disso, foram pensadas nas alternativas de funcionamento do produto quanto a geração de calor, e nas possibilidades referentes ao design, envolvendo a parte estética e os critérios relacionados ao conforto e funcionalidade. Sendo possível eleger os requisitos a serem aplicados no produto, através da análise das informações obtidas na coleta de dados, e da investigação da parte médica durante a pesquisa bibliográfica.

### *Seleção de materiais e tecnologias*

Neste momento, é realizada a coleta de dados dos materiais e tecnologias disponíveis para a realização do projeto, é mais direcionada, tendo como base os requisitos estabelecidos para o produto. Em seguida, foram realizadas as seleções adequadas, de acordo com os objetivos pretendidos, partindo para a fase das experimentações.

### *Experimentação*

Esta fase concerne às experimentações dos materiais e dos instrumentos, visando obter outras informações que permitam estabelecer relações importantes para o andamento do projeto. Assim, foi desenvolvido um planeamento para alcançar uma melhor realização das experiências e testes de caracterização e funcionamento da solução proposta.

## *Modelo/ Prova de conceito*

As experimentações resultam em amostras, conclusões e informações, guiando a construção de modelos e a prova de conceito. Este é o momento de associar todos estes dados e elaborar os esboços para a concepção do produto, visando atingir os objetivos pretendidos.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

O seguinte estudo está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo corresponde a introdução, esta envolve o enquadramento, objetivos, metodologia aplicada e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo inicia abordando a temática da patologia que levou ao estudo do produto proposto neste trabalho. Compreende o levantamento bibliográfico do Fenómeno de Raynaud, demonstrando os aspectos que envolvem a patologia como: causas, sintomas, diagnóstico, tratamentos, medidas preventivas, impactos na qualidade de vida e prevalência. Em seguida, apresenta-se o levantamento bibliográfico das temáticas associadas à problemática do projeto, estas englobam: o ambiente térmico frio e o corpo humano; luvas de proteção contra o frio; evolução têxtil e aplicações atuais; materiais funcionais e biofuncionais; e os materiais aplicados.

O capítulo seguinte compreende análise de dados do inquérito dirigido ao público e o estudo do consumidor, assim como a definição dos requisitos do produto.

No quarto capítulo são descritos os materiais selecionados para o projeto e cada fase correspondente aos procedimentos experimentais realizados. Os testes foram planeados considerando diferentes variáveis e organizados em cinco etapas: arranjo dos fios condutores, seleção do material condutor, média de temperatura do elemento de aquecimento, caracterização dos efeitos colaterais do elemento de aquecimento, protótipos. Em continuidade, o quinto capítulo apresenta os resultados e discussão dos testes relatados no capítulo anterior.

O último capítulo reúne as conclusões obtidas durante os processos que envolvem o projeto e as diretrizes correspondentes aos desenvolvimentos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Fenómeno de Raynaud

O FR consiste em uma condição na qual ocorre uma resposta exagerada do organismo às baixas temperaturas climáticas ou estímulos emocionais, onde pode gerar uma série de manifestações clínicas.

Esta condição patológica foi descrita pela primeira vez em 1862 pelo médico francês Maurice Raynaud, ao verificar que algumas pessoas que foram expostas a temperaturas frias possuíam isquemia digital transitória, onde foi atribuído a uma resposta exagerada do sistema nervoso central (Wigley, 2002).

De acordo com Kayser, Côrrea e Andrade (2009), este fenômeno caracteriza-se por episódios reversíveis de vasoespasmos de extremidades, associados a alterações de colorações típicas, em decorrência de exposição ao frio e/ou situações de stress emocional. No geral, as mãos e os pés são as regiões mais afetadas.

Sintomas como sensação de formigueliro, queimadura ou dormência podem acompanhar as alterações de coloração dos dedos, estas mudanças apresentam fases distintas. Conforme Kayser, Côrrea e Andrade (2009):

As alterações de coloração são classicamente descritas em três fases sucessivas: palidez (fase isquêmica), cianose (causada por venoestase e desoxigenação) e rubor (hiperemia reativa/reperusão). Dor e/ou parestesias podem também estar associadas aos ataques, causando desconforto ao indivíduo (Kayser, Côrrea e Andrade, 2009, p. 48).

Ainda nesse contexto, Skare et al. (2006) reforçam que a descrição clássica trifásica durante a palidez decorre da vasoconstrição e diminuição súbita do fluxo arterial. Na cianose as veias se relaxam mais rapidamente que as artérias e o sangue é dessaturado. Na terceira fase, o que se vê é eritema e vasodilatação secundária. Essas três alterações distintas (figura 3) ocorrem em dois terços dos pacientes. Nos demais, estes sintomas podem aparecer de forma incompleta.



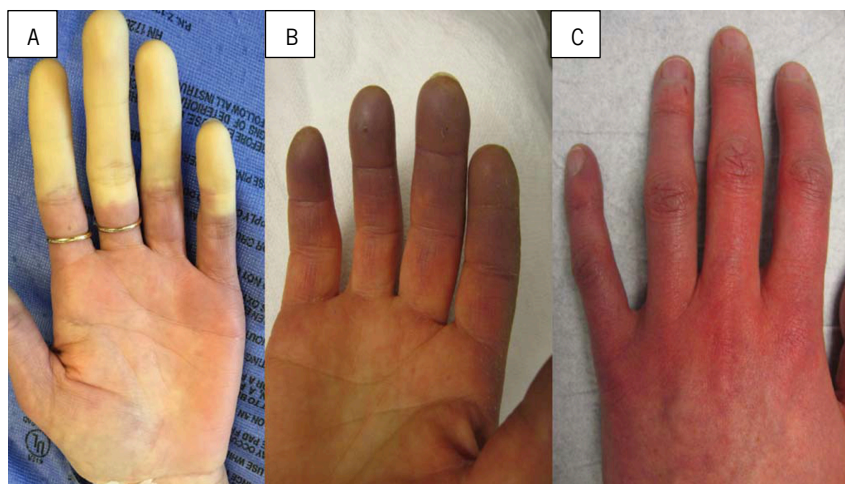


Figura 3. (A) Dígitos brancos com vasoconstrição intensa; (B) dígitos azuis com estase venosa hipoxêmica; (C) dígitos vermelhos com reperusão hiperêmica. Fonte: Shapiro, Wigley (2017).

O FR pode ser classificado como de origem primária, ou seja, sem doença subjacente identificável, ou de origem secundária, quando está associada a certas patologias. Dessa forma, Marques (2011) descreve que:

O fenômeno de Raynaud primário é comum e pode ocorrer em pessoas saudáveis tendo geralmente um curso evolutivo benigno. O fenômeno de Raynaud secundário ocorre noutras doenças do tecido conjuntivo (dermatomiosite, lupus eritematoso sistêmico), em doenças com alteração do fluxo sanguíneo (doença aterosclerótica, policitemia, trombocitose) em distúrbios neurológicos, com a toma de determinados fármacos (contraceptivos orais, fluoxetina, bromocriptina), exposição ocupacional ou ainda em outras situações como neoplasias, hipotireoidismo, entre outras (Marques, 2011, p. 28).

São utilizados critérios clínicos para distinguir os pacientes com FR primário e secundário. Segundo Wigley (2002), os fatores indicativos para o FR primário são: ataques simétricos dos dígitos; ausência de necrose tecidual, ulceração ou gangrena; capilares das dobras das unhas normais; ausência de uma causa secundária com base no histórico e exame físico geral do paciente; teste negativo para anticorpos antinucleares e taxa de sedimentação de eritrócitos normal.

As condições que sugerem uma causa secundária do FR são: idade de início superior a 30 anos; episódios intensos, dolorosos, assimétricos ou associados a lesões cutâneas isquêmicas; características clínicas sugestivas de uma doença do tecido conjuntivo; autoanticorpos específicos; e evidência de doença microvascular na microscopia dos capilares das dobras das unhas (Wigley, 2002).

Entre as principais condições que podem desencadear o FR secundário destacam-se as doenças reumáticas autoimunes, especialmente a esclerose sistêmica (ES). Segundo Sinnathurai, Schrieber (2013), o FR é a manifestação mais comum e precoce dessa doença, podendo anteceder o diagnóstico vários anos antes de aparecerem outros sintomas típicos da ES.

Steen et al. (2009) enfatizam que o FR é uma manifestação quase universal da ES, chegando a atingir 95% dos pacientes, onde a cada ano, aproximadamente 30% dos pacientes desenvolvem úlceras digitais (UD). As UD representam um grande problema clínico, e estão associadas a uma morbidade considerável (redução da qualidade de vida, dor, incapacidade e desfiguração) que pode evoluir para gangrena e amputação (figura 4).



Figura 4. Paciente com FR-ES. Além da cianose típica, também há evidência de ulceração digital ativa afetando a ponta do polegar direito e corrosão em alguns dígitos. Fonte: Pauling et al. 2019.

A literatura especializada analisada demonstra que a patogênese do FR ainda não é totalmente compreendida. Quanto aos fatores de risco, Verdejo et al. (2013) afirmam que os mais reconhecidos na origem da FR são: história familiar, sexo, habitar local de clima frio, fatores ocupacionais (síndrome vibratória mão-braço) e doenças associadas.

A maioria das pessoas que apresentam o FR primário não necessitam de tratamento farmacológico. Neste caso, existem algumas indicações para atingir um resultado positivo na prevenção, como: terapia comportamental, abstenção total de tabaco, adotar medidas simples como manter o corpo aquecido, evitar a exposição ao frio e a grandes variações térmicas, evitar o trabalho com máquinas vibratórias e minimizar o stress emocional (Silva et al, 2011).

Para Skare et al. (2006), evitar agentes que causam a vasoconstrição também é importante, por exemplo, drogas simpaticomiméticas, clonidina, ergotamina e agonista dos receptores serotoninérgicos.

Conforme Brandão (2012), os efeitos colaterais dos tratamentos convencionais, além dos problemas económicos, têm feito com que muitos pacientes com FR recorram as medicinas

complementares e alternativas. A autora descreve que alguns estudos já apontam o uso da acupuntura, biofeedback e diferentes preparações de ervas (ginkgo biloba e óleo de primula) no tratamento de FR.

A terapia a laser também é citada como uma medida alternativa positiva, Hirschel et Al. (2004) descrevem que através de um estudo randomizado, cruzado, duplo-cego, controlado por placebo, abrangendo quarenta e oito pacientes, mostrou que a frequência de ataques do FR e sua intensidade foram significativamente reduzidos durante a terapia a laser de baixo nível, em comparação ao tratamento simulado.

Saber gerir as emoções é importante, Brandão (2012) reforça que o controle do stress e ansiedade através de terapias que reduzam o stress pode trazer melhorias para o quadro, pois estas emoções são capazes de desencadear ou agravar a vasoconstrição. A autora ainda sugere a prática do Qigong, uma ferramenta terapêutica da medicina tradicional chinesa, onde através desta prática foi verificado um aumento muito significativo da temperatura das mãos, demonstrando-se assim um eventual benefício na melhoria da microcirculação digital no FR.

Se apesar de todas as medidas preventivas, o FR interferir com a atividade diária, antes de partir para outros tratamentos, Silva et al. (2011) apontam que:

A associação de 100 – 320mg de ácido gama-linolênico (análogo da prostaciclina) associado à vitamina A (Óleo de Onagra 1000) tid e 500 mg de vitamina C dia tem demonstrado, na nossa experiência, bons resultados no tratamento do FR primário quer na redução do nº de episódios quer na sua duração. Estes produtos naturais são bem tolerados e raramente têm sido referidos efeitos colaterais (Silva et al, 2011, p. 17).

Dessa forma, Landry (2013) enfatiza que a terapia farmacológica é apenas indicada para os casos onde os sintomas não respondem a medidas preventivas simples, como evitar exposição ao frio, ao tabaco e aquecimento das mãos. Alguns pacientes precisam de medicamentos apenas durante os meses de inverno.

O tratamento para a FR depende do mecanismo fisiopatológico subjacente e da gravidade dos sintomas. Os medicamentos vasodilatadores são mais eficazes em portadores do FR primário. Os pacientes com FR secundário, no geral, apresentam doença arterial obstrutiva fixa e os vasodilatadores são menos eficazes ou às vezes não demonstram nenhum benefício. Para o FR exclusivamente vasoespástico, os bloqueadores dos canais de cálcio ainda são os fármacos mais utilizados. Para pacientes com ulcerações refratárias, os inibidores da fosfodoterase V, assim como a simpatectomia central ou digital, mostraram-se promissores, porém, ainda não podem ser considerados padrão de atendimento (Landry, 2013).

De acordo com Criollo, Arroyave (2014), o FR e suas consequências podem representar um impacto significativo na qualidade de vida e funcionalidade do paciente. Dessa forma, é importante acompanhar a evolução do paciente, registrar o número de crises, determinar respostas à terapia e medir a qualidade de vida e a funcionalidade através de escalas como o Raynaud Condition Score (RCS), onde avalia a frequência, duração e gravidade dos ataques. Além disso, recomenda-se o monitoramento das lesões e infartos digitais, entre outras variáveis.

Ainda segundo Criollo, Arroyave (2014), o FR, mais do que uma doença, é uma manifestação clínica que pode representar um sinal de alerta precoce ao médico para descartar causas potencialmente graves, como doenças autoimunes sistêmicas. A abordagem clínica, voltada para um histórico clínico adequado, focado em um rastreio que descarte sintomas de enfermidades subjacentes, é fundamental para orientar os pacientes quanto ao nível de complexidade para o manejo adequado da patologia.

#### 2.1.1 Prevalência

O FR é considerado uma desordem relativamente comum, de acordo com Maundrell, Proudman (2015), a maioria dos estudos do FR demonstram uma prevalência de 3 a 5% na população em geral. O FR primário, definido pelos vasoespasmos reversíveis nas artérias periféricas é responsável por 80 a 90% dos casos. O FR secundário é comumente caracterizado por anormalidades vasculares estruturais e oclusão vascular irreversível, e a sua prevalência está relacionada à doença base. Segundo Peralta et al. (2016):

No secundário, a prevalência depende da doença ou condição associada. Na esclerose sistêmica, ocorre em mais de 90% dos casos; no lúpus eritematoso sistêmico, em 10% a 45%; na síndrome de Sjögren, em 30%; na dermatomiosite, em 20%, e na artrite reumatoide, em 20%. Entre 6% e 12% dos pacientes com diagnóstico de fenômeno de Raynaud primário podem desenvolver uma doença autoimune nos dois anos seguintes ao seu início. Na distribuição por sexo, varia entre 6% e 20% nas mulheres e entre 3% e 12,5% nos homens (Peralta et al, 2016, p. 264).

Apesar do FR ocorrer em todos os grupos populacionais, as mulheres são nove vezes mais afetadas que os homens. Pesquisas estimam que o FR atinja até 20% de todas as mulheres em idade fértil. Isto corresponde a uma em cada cinco mulheres desde o início da adolescência até os 50 anos (Raynaud's Association, 2019).

Maundrell e Proudman (2015), ressaltam que as variações encontradas quanto a prevalência do FR dependem da localização geográfica, das características da população estudada e do método de averiguação do caso.

A variação geográfica na predominância do FR é influenciada pelo clima das regiões. Também são apontadas evidências de que a temperatura do ambiente está vinculada com a frequência e a gravidade dos ataques, observando-se uma considerável variação entre os meses de inverno e verão (Scleroderma Foundation, 2019).

### 2.1.2 Diagnóstico e manejo

Conforme Raynaud's Association (2019), o FR primário geralmente não é "incapacitante" no sentido típico, mas pode provocar grande desconforto e dor - exigindo alterações no estilo de vida para minimizar a exposição ao frio e ao estresse. Indivíduos com a forma secundária estão mais propensos a maiores complicações, como UDs (que a longo prazo podem causar danos graves aos vasos sanguíneos) ou até gangrena.

De acordo com Kayser (2014), o diagnóstico precoce do FR secundário é de grande importância, dessa forma, a pesquisa de autoanticorpos séricos e a capilaroscopia periungueal devem ser realizadas em todos os pacientes acometidos por esta síndrome, tendo em vista a possibilidade de uma intervenção terapêutica precoce, antes que lesões irreversíveis ocorra.

A capilaroscopia (figura 5) é a forma mais confiável de distinguir de maneira precoce entre o FR primário e secundário. O exame morfológico dos capilares da pele é geralmente realizado no prego das unhas, uma vez que essa área é facilmente acessível para avaliação e o eixo principal dos capilares é paralelo à superfície da pele (Kuryliszyn-moskal, Kita, Hryniewicz, 2015).

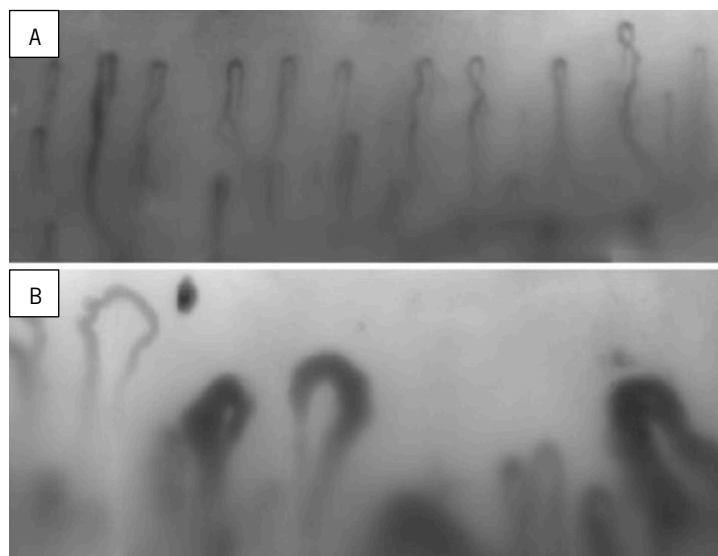


Figura 5. (A) capilares normais; (B) dobra ungueal anormais, com capilares dilatados, distorção da arquitetura normal da dobra ungueal e áreas de avascularidade. Fonte: Herrick (2017).

Segundo Wigley e Flavahan (2016), o FR é altamente localizado e afeta o influxo arterial de áreas específicas da pele, como certas extremidades. Estas regiões se distinguem de outras áreas da pele, pois possuem características estruturais e funcionais especializadas para a termorregulação.

Uma das respostas fisiológicas ao frio é a diminuição do fluxo sanguíneo para a pele, como prevenção a perda de calor e manutenção da temperatura corporal. Para a regulação do fluxo sanguíneo intervêm, entre outros, o sistema nervoso, estruturas vasculares, células, hormonas e mediadores vasoativos; todos eles encontram-se envolvidos, em maior ou menor grau, no desenvolvimento do FR (Criollo, Arroyave, 2014).

Muitas das respostas aumentadas de vasoreatividade observadas no FR correspondem a causas simpáticas ou locais. Estressores como baixas temperaturas ou ansiedades emocionais estão inseridos na categoria simpática, pois causam vasoconstrição via noradrenalina, enquanto os estresses mecânicos e químicos encontram-se na categoria "local", visto que afetam diretamente um órgão do corpo que apontará os sintomas da doença. Os dedos são destacados como uma área corporal proeminente que poderia ser afetada por esses insultos "locais". A exposição prolongada à vibração da mão e do braço é um exemplo de estresse mecânico. A síndrome provocada por este fator é uma forma de FR secundária, devido a causas ocupacionais (Fardount, 2016).

Herrick (2017) aponta que pelo fato do FR se tratar de um problema das extremidades, é decepcionante que não existam vasodilatadores tópicos comercializados, em função de seus efeitos locais, visto que estes poderiam aumentar o fluxo sanguíneo nos dígitos sem efeitos adversos sistêmicos. Existem diferentes formas de aumentar o fluxo sanguíneo localmente, alguns novos tratamentos estão no horizonte ou merecem investigação. Estes incluem terapias tópicas aplicadas aos dígitos para melhorar o fluxo sanguíneo localmente, sem efeitos sistêmicos (incluindo adversos).

Apesar da gravidade dos sintomas do FR, a investigação dos impactos no bem-estar dos indivíduos ainda não recebeu tanta atenção. Fábíán, Csiki, Bugán (2018) descrevem que através de um estudo com o objetivo de analisar como este problema afeta a qualidade de vida dos pacientes, realizado com 28 indivíduos diagnosticados com FR, foi concluído que esta patologia apresenta uma dificuldade significativa em todos os aspectos no dia-a-dia. Isto se deve à diminuição da qualidade de vida e aos encargos psicológicos causados pelo fenómeno. Diante disso, os autores enfatizam que:

Os sintomas somáticos causam sofrimento significativo, são acompanhados por perda de funcionalidade; são necessárias ações preventivas frequentes; além disso, afetam o desempenho no trabalho, a mobilidade e a qualidade do sono. Foram encontrados encargos emocionais e cognitivos e mudanças negativas nos relacionamentos interpessoais (Fábíán, Csiki, Bugán, 2018, p.636).

Para muitos pacientes com o FR primário ou secundário, as intervenções não farmacológicas são fundamentais para minimizar a frequência dos ataques e melhorar a qualidade de vida. A finalidade da intervenção medicamentosa não deve ser eliminar completamente os ataques, visto que o tratamento agressivo de drogas pode causar mais mal do que benefício. Dessa forma, além da melhoria da qualidade de vida, a proposta do tratamento deve ser evitar complicações isquêmicas (Shapiro, Wigley 2017).

Shapiro e Wigley (2017) ainda ressaltam que as terapias farmacológicas devem ser introduzidas apenas se os ataques permanecerem mal controlados, demonstrando sintomas incapacitantes, ou caso o paciente apresentar úlceras isquêmicas digitais. “A isquemia tecidual (e subsequente reperfusão) durante os ataques de FR resulta em dor e parestesia, causando sofrimento, perda da função das mãos e redução da qualidade de vida” (Daniels, Pauling, Eccleston, 2018, P.1).

Conforme destacam Peralta et Al. (2016), deve ser levado em consideração que devido à variabilidade da gravidade, e à possibilidade de o fenômeno estar associado a outra doença, em alguns pacientes o manejo hospitalar pode ser necessário.

Cerca de dois terços dos pacientes com FR secundário relatam a capacidade de prever a ocorrência de pelo menos metade dos ataques do FR, sendo capaz de prever a gravidade desses baseados em fatores ambientais que envolvem um ataque. Todavia, a maioria dos pacientes com FR secundário relata dificuldade em impedir ou controlar a ocorrência das crises. O uso de luvas e dispositivos de aquecimento intenso é considerado útil, porém, foi observado que nenhuma intervenção impede todos os ataques. Além disso, foram identificados alguns obstáculos ao uso de luvas, como esclerodactilia e curativos (Pauling et. al, 2018).

Wigley e Flavahan (2016) reforçam que evitar exposição a baixas temperaturas continua a ser a terapia mais eficaz para qualquer causa do FR, e é um fator importante na administração bem-sucedida do transtorno em todos os pacientes. O aquecimento sistêmico e local é extremamente eficaz no aumento do fluxo sanguíneo na pele. Os autores descrevem que:

O aquecimento sistêmico é melhor realizado mantendo todo o corpo quente com roupas em camadas, luvas e cobertura de cabeça; evitar mudanças rápidas de temperatura, como correr para uma área com ar condicionado; e evitando condições frias e arejadas. O aquecimento local das mãos com luvas e esfregar as mãos em água morna ou com aquecedores químicos pode ajudar a prevenir um ataque ou acelerar a recuperação. Um ataque típico dura de 15 a 20 minutos após o aquecimento (Wigley, Flavahan, 2016, p. 559).

Apesar do significativo crescimento da pesquisa e dos avanços biomédicos, um tratamento definitivo e curativo para o FR ainda é um desafio real e elusivo. Embora muitos aspectos e fatores que

contribuem para esta patologia terem sido analisados, os mecanismos moleculares subjacentes ao início e à progressão da FR ainda necessitam de mais investigações. Isto se dá, em grande parte, devido à etiologia multifatorial (hormonal, neuronal e endotelial) da doença (Fardount, 2016).

## 2.2 O ambiente térmico frio e o corpo humano

A temperatura ambiente fria pode apresentar risco para a saúde humana e causar vários níveis de limitações de desempenho. Os impactos gerados pela exposição ao frio sobre a saúde e o bem-estar da população causam transtornos para muitas sociedades quanto a produtividade reduzida, e despesas mais elevadas relacionadas aos sistemas de saúde, assim como ao planejamento e gestão da saúde pública (Hassi et al. 2005).

Segundo Faerevik e Wiggen (2014), as consequências da temperatura fria sobre os indivíduos dependem especialmente das quatro variáveis ambientais fundamentais (temperatura do ar, velocidade do vento, precipitação e radiação), o nível de atividade e o vestuário utilizado.

O ambiente térmico pode ser definido como o conjunto de variáveis térmicas que exercem influência sobre as trocas de calor entre o indivíduo e o ambiente que o cerca. Em um ambiente térmico frio, o corpo humano pode acelerar o sistema para fornecer mais energia sob forma de calor. Roupas e acessórios adequados também ajudam a preservar a temperatura corporal (Talaia, 2016).

Rossi (2009) descreve que a transferência de calor entre o corpo humano e o meio ambiente realiza-se de diversas maneiras, como:

- Transferência de calor a seco, seja através da condução (troca de calor por meio de duas superfícies em contato uma com a outra), convecção (transferência de calor entre uma superfície e um fluido envolvente, como o ar ou a água) e radiação (emissão ou absorção de ondas eletromagnéticas);
- Mediante a evaporação de suor;
- Transferência de calor através da respiração.

Conforme aponta Lai, Zhou, Chen (2017), a troca de calor de um indivíduo em um ambiente ao ar livre é significativamente distinto de um ambiente interno. A radiação corresponde a principal diferença entre a transferência de calor interna e externa do corpo humano. O campo de radiação externo abrange a radiação de ondas curtas direta e difusa do sol, e a radiação de ondas longas do céu e de superfícies sólidas, como fachadas de edifícios e o solo. A Figura 6 apresenta as diferentes formas de troca de calor entre o corpo humano e o ambiente externo.



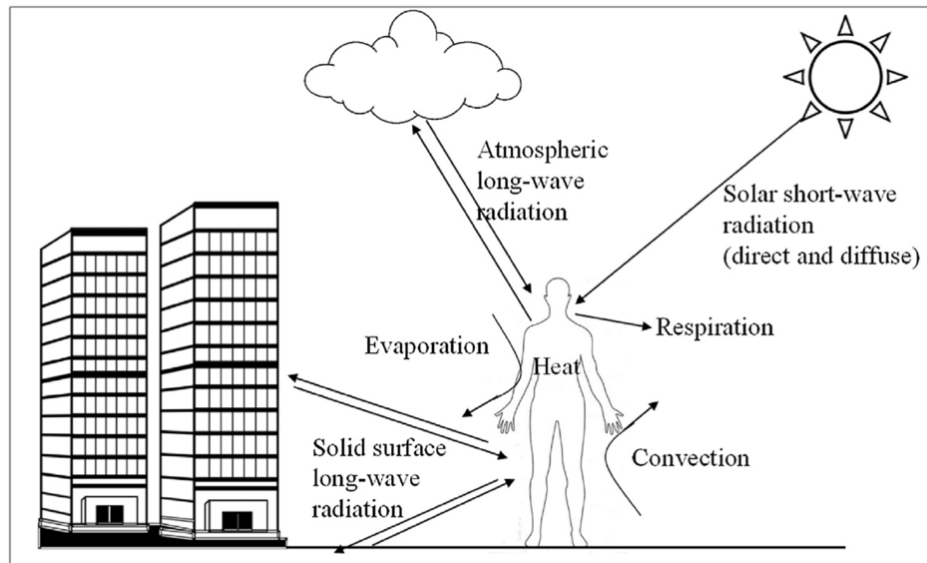


Figura 6. Transferência de calor entre o corpo humano e o ambiente externo.  
 Fonte: Lai, Zhou, Chen (2017).

As roupas oferecem isolamento entre o corpo e o ambiente, limitando assim a perda de calor por convecção e condutividade, porém, as roupas molhadas fornecem significativamente menos isolamento do que as secas. Dessa forma, as características ambientais, além da temperatura, influenciam a capacidade de perda de calor e o desgaste fisiológico resultante da defesa da temperatura corporal (Young, Sawka, Pandolf, 1996).

### 2.2.1 Mecanismos do corpo humano

O corpo humano possui múltiplos mecanismos termorregulatórios para enfrentar as grandes variações de temperaturas externas. Nesse sentido, Osilla, Marsidi e Sharma (2020), descrevem que o mecanismo da termorregulação é responsável por manter a temperatura corporal dos mamíferos bem controlada através da autorregulação. A regulação da temperatura é um tipo de homeostase e uma forma de preservar uma temperatura interna estável para a sobrevivência. Os humanos são seres endotérmicos, no qual utilizam a termorregulação para conservar a temperatura central normal, em torno de 37° C, mesmo com as mudanças do ambiente externo.

Beker et al. (2018) reforçam que a termorregulação é uma capacidade fundamental do sistema nervoso autônomo para reagir a situações de estresse por frio e calor. A fisiologia termorreguladora funciona graças a um conjunto coordenado de respostas autonômicas para preservar o equilíbrio entre a produção de calor (realizada principalmente pelo metabolismo) e sua dissipação. A temperatura central pode alternar entre 36,0 e 40,0 °C em decorrência da atividade física realizada, roupas, aclimação ao calor, ritmos circadianos e as condições ambientais.

Para cada uma dessas condições ambientais estressantes, cada sistema do corpo procura todas as formas e mecanismos de combater a temperatura ambiente e alcançar a normotermia. Todos dos principais sistemas que compõe o corpo humano (cardiovascular, nervoso, gastrointestinal, renal, hematológico e tegumentar) são estreitamente coordenados pelo termostato do corpo. Esse termostato se encontra na área pré-óptica do hipotálamo, local de integração das informações termossensoriais dos termorreceptores localizados na pele, músculos, medula espinhal e núcleo corporal (Beker et al. 2018).

Conforme Osilla, Marsidi e Sharma (2020), o cérebro, mais especificamente o hipotálamo, controla a termorregulação. Dessa forma, se o hipotálamo constatar temperaturas internas muito elevadas ou muito baixas, é enviado automaticamente sinais para a pele, glândulas, músculos e órgãos. Por exemplo, quando o corpo se submete a um ambiente frio, um reflexo de tremores resulta em músculos esqueléticos contraindo e produzindo calor. Além disso, os músculos do arretor do pili (um tipo de músculo liso) elevam os folículos pilosos para prender o calor gerado.

Ambientes térmicos com baixas temperaturas podem ocasionar uma situação de stress térmico por frio. Segundo Rossi (2009), os indivíduos podem experienciar distintas formas de stress pelo frio, como exposição ao ar frio, imersão em água ou por meio do contato com superfícies frias. A exposição prolongada a baixas temperaturas, associada a insuficiente atividade física ou ao isolamento do vestuário, tem como consequência o declínio da temperatura central (hipotermia). Contudo, esse resfriamento pode afetar apenas as extremidades do corpo, conforme representado na figura 7.

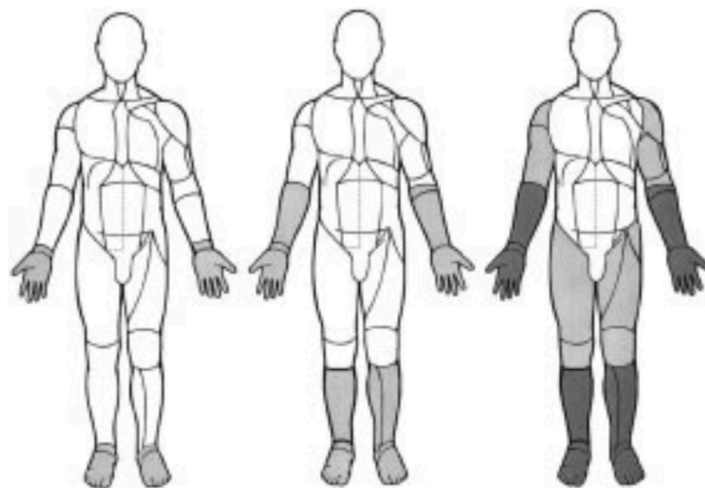


Figura 7. Evolução no resfriamento local das extremidades (da esquerda para direita), ao passo que elas são sacrificadas para proteger o núcleo. Fonte: Bougourd, McCann (2009).

Nas circunstâncias de clima frio, o corpo pode perder calor mais rápido do que é produzido, onde utiliza a energia armazenada e pode desencadear uma hipotermia, caracterizada como uma

temperatura central abaixo de 35°C. Temperaturas frias provocam o estreitamento das veias e artérias, tornando o sangue mais viscoso, o que resulta em um aumento na carga de trabalho cardíaca e leva a muitos dos mesmos estresses cardiovasculares proporcionados pelo calor. Além desses episódios forçarem o coração e outros órgãos, o fluxo sanguíneo prejudicado e a atividade metabólica diminuída em decorrência das baixas temperaturas podem afetar o cérebro, deixando a vítima incapaz de pensar com clareza ou se mover bem (Seltenrich, 2015).

### 2.2.2 Níveis de limitação de desempenho

De acordo com Vogt (2001), a exposição a situações de baixa temperatura e as reações fisiológicas e de conduta relacionadas influenciam o desempenho humano em diferentes níveis de complexidade. A exposição leve produz um resfriamento nulo ou insignificante do interior do corpo, e um resfriamento moderado quando se trata da pele e das extremidades. Já exposição rigorosa resulta em um equilíbrio térmico negativo, uma redução na temperatura interna e um decréscimo acentuado na temperatura das extremidades.

O funcionamento das mãos e dedos depende das condições das temperaturas térmicas locais dos tecidos. Os movimentos finos, delicados e rápidos dos dedos são prejudicados quando a temperatura dos tecidos decresce apenas alguns graus. Com um resfriamento mais intenso e uma queda na temperatura, as habilidades motoras grossas também se deterioram. A destreza manual é significativamente comprometida com temperaturas cutâneas por volta dos 6 e 8°C em decorrência do bloqueio dos receptores sensoriais e térmicos da pele. A temperatura na ponta dos dedos é capaz de cair mais de dez graus quando comparada com a temperatura do dorso da mão em determinadas condições de exposição (Vogt, 2001).

Na figura 8 podem ser vistos os efeitos brutos estimados na destreza manual em diferentes níveis de temperatura das mãos e dedos.



Figura 8. Níveis de temperatura (mãos e dedos) e os impactos na destreza manual. Fonte: Vogt (2001).

Muitos tipos de enfermidades, incluindo doenças cardiovasculares, respiratórias, da circulação periférica, músculo-esqueléticas e de pele são afetadas pela exposição ao frio. Os sintomas influenciados pelo clima frio são inúmeros e são originados a partir de vários órgãos do corpo humano. As respostas ao frio e os sintomas associados à exposição a baixas temperaturas dependem de diversos fatores, abrangendo o tipo e a duração da exposição ao frio e as características biológicas, fisiológicas, comportamentais, saúde e características médicas do indivíduo (Hassi et al. 2005).

A utilização do vestuário adequado para lidar com as especificidades dos ambientes frios são fundamentais para evitar o surgimento de problemas de saúde decorrentes dessas condições climáticas, assim como para prevenir crises em indivíduos que já possuem alguma patologia que pode ser agravada pela exposição ao frio. As limitações de cada indivíduo devem ser levadas em consideração, de acordo com o tipo de exposição a qual podem ser submetidos em ambientes laborais para prevenir a piora desses quadros de saúde.

As questões relacionadas a problemas provenientes das baixas temperaturas merecem uma devida atenção. Hassi et al. (2005) propõe que com o intuito de oferecer práticas preventivas e protetoras de saúde pública para efeitos adversos à saúde induzidos pelo frio, é relevante reconhecer lesões, doenças e sintomas relacionados ao frio e suas temperaturas de aumento, além de identificar os subgrupos populacionais de maior risco e fatores que aumentam ou diminuem os perigos à saúde manifestados por temperaturas ambientes frias.

### 2.3 Luvas de proteção contra o frio

As luvas são itens indispensáveis para a proteção das mãos em situações de exposição a baixas temperaturas, visto que as extremidades do corpo são mais afetadas pela perda de calor. De acordo com Dolez e Vu-khanh (2009), as mãos são frequentemente acometidas por problemas decorrentes das baixas temperaturas, como queimaduras, dormência, feridas na pele e FR induzido pelo frio. Além disso, a temperatura fria influencia o desempenho manual, onde foi associado a uma redução na destreza e sensibilidade dos dedos.

Segundo Bougourd e McCann (2009), a mão é o principal meio de manipulação do ambiente e cada uma das partes que a compõe (palma, dorso ou costas, dedos, punho e antebraço) deve ser considerada no processo de design de luvas. Os revestimentos manuais precisam proteger contra o frio convectivo e condutivo, assim como contra a penetração de água. Estes estão relacionados tanto às condições climáticas quanto às atividades industriais e recreativas.

Ao proteger a mão do frio, deve ser considerado que diferentes atividades têm uma hierarquia de exigências distintas, como necessidades de vestibilidade, requerendo bom ajuste, maleabilidade, etc., onde é reforçada a necessidade de interagir com os usuários em todas as etapas do projeto do produto. A estrutura dos revestimentos manuais pode variar entre duas e cinco camadas, geralmente apresenta um número diferente de camadas na palma da mão para a dorsal e dedos, em virtude das partes

individuais que compõe a mão demandar diferentes níveis de proteção para auxiliar na execução das atividades (Bougourd, Mccann, 2009).

### 2.3.1 Requisitos e características

Para a efetiva proteção das mãos contra o frio se destacam como principais requisitos o isolamento térmico, respirabilidade, permeabilidade ao vapor de água, resistência à água e ao vento, assim como a preservação do desempenho funcional e sensorial. Porém, os materiais isolantes espessos, utilizados para proteção térmica, resulta em uma redução na mobilidade das mãos e na destreza dos dedos, aspectos essenciais para manter o desempenho das tarefas (Dolez, Vu-khanh, 2009).

Ainda relacionado ao uso de materiais isolantes térmicos no vestuário, Faerevik e Wiggen (2014) ressaltam que o isolamento da roupa necessário para proteção contra o frio está sujeito ao nível de atividade do usuário (a quantidade de calor gerada no corpo) e dos fatores climáticos (que determinam a redução de calor do corpo).

Conforme Geng, Chen e holmér (1997), a exposição a baixas temperaturas em diversas ocupações faz parte da realidade diária no ambiente de trabalho, este fato torna as luvas de proteção contra o frio ainda mais necessárias, exigindo um produto que permita um trabalho seguro e eficiente.

Irzmańska, Wójcik, Włodarczyk (2018) relatam que o resfriamento das mãos reduz de forma crítica a precisão e a agilidade do desempenho das atividades ocupacionais. Dessa forma, para cumprir com a sua função básica em situações de baixa temperatura, as luvas não devem ser caracterizadas apenas pelas propriedades protetoras, também deve ser levado em consideração as características ergonômicas apropriadas ao trabalho manual exigido sob tais condições.

Diante de uma revisão da literatura quanto ao desempenho e aspectos sensoriais das luvas para o trabalho em temperaturas frias, foram constatadas as seguintes necessidades do usuário: sensibilidade tátil, desempenho manual, desempenho complexo, reações subjetivas, diferenças individuais e manutenção do desempenho no frio (Abeysekera, Bergquist, 1996).

### 2.3.2 Performance

Existe uma série de estudos sobre a questão relacionada aos decréscimos no desempenho manual em temperaturas frias. Os resultados obtidos nas primeiras investigações neste âmbito demonstraram que o resfriamento manual em indivíduos condicionados a baixas temperaturas é um dos

principais fatores para as ineficiências gerais encontradas em algumas operações a frio (Geng, Chen, Holmér, 1997).

Faerevik e Wiggen (2014) apontam que a prevenção do resfriamento e a conservação do equilíbrio térmico são reguladas pela transferência de calor entre o corpo humano e o meio ambiente. O vestuário é fundamental para evitar a redução de calor do corpo ao enfrentar temperaturas frias, este ponto está extremamente relacionado com as propriedades térmicas (isolamento, resistência à evaporação, vento e água), design e construção da roupa (peso, fibras e tecidos, ergonomia).

O tipo de material utilizado nas luvas e a espessura dos mesmos pode levar a um resultado positivo no ajuste e ergonomia, tendo como consequência uma melhoria significativa da performance manual. Além disso, Faerevik e Wiggen (2014) relatam que o pré-aquecimento ou aquecimento auxiliar das mãos pode contribuir para a manutenção do desempenho dessa área durante extensos períodos de exposição a baixas temperaturas. A proteção adequada das mãos e do corpo é capaz de neutralizar os efeitos nocivos do frio no desempenho manual, sendo imprescindível o uso de luvas adaptadas a distintas situações de trabalho.

A partir de um estudo realizado com o intuito de reunir dados sobre o desempenho de vários sistemas de proteção para as mãos (luvas e forros) em um ambiente de temperatura muito baixa, Iserson (2016) demonstra que com exceção dos forros mais finos, todos os revestimentos manuais testados (submetidos a uma série de tarefas como manipular equipamentos, tirar fotos, segurar chaves, iniciar fogos, preparar alimentos e comer), resultaram difícil ou impossível sem remover pelo menos a camada que cobre o revestimento mais fino. Após remover as coberturas das mãos para a realização destas tarefas, este estudo constatou que apenas as luvas movidas a bateria produziam energia suficiente para reaquecer as mãos rapidamente, descartando a necessidade de esperar que o corpo gerasse calor para estas extremidades.

Iserson (2016) descreve que assim como neste estudo relatado, pesquisadores de clima frio do Exército dos EUA perceberam que, em geral, os revestimentos manuais aquecidos, embora possuíssem menos volume e menos isolamento intrínseco, mantinham a temperatura dos dedos mais elevadas (conforme acionados) do que as luvas não aquecidas mais volumosas.

Em suma, as luvas de proteção contra o frio devem ser capazes de suportar as mudanças de temperatura, mantendo as mãos aquecidas, secas e seguras, priorizando o conforto do usuário. Além disso, o design e materiais necessitam proporcionar a manutenção do desempenho manual.

De acordo com Abeysekera, Bergquist (1996) e Dolez, Vu-Khanh (2009), a diminuição da destreza manual aparenta ser o maior problema na realização de tarefas com luvas. Dessa forma, a destreza é vista como um dos parâmetros mais importantes a serem considerados quanto a preservação da funcionalidade das luvas em situações de baixa temperatura. Pois, tanto as condições de temperatura fria quanto as luvas geram uma degradação de destreza manual. Portanto, a chave para aceitação e o uso das luvas está baseada na obtenção da proteção térmica, aliada a preservação da funcionalidade e conforto suficiente.

## 2.4 Evolução têxtil e aplicações atuais

Os têxteis possuem grande importância na história da humanidade e revelam os materiais disponíveis para cada civilização, assim como as tecnologias que foram dominadas em cada período. Desde os tempos antigos até os dias atuais, os métodos de produção têxtil têm evoluído continuamente. As descobertas arqueológicas, a arte e vários documentos históricos revelam muitos segredos sobre a história dos têxteis, sua aplicação e evolução (Schwarz, Kovačević, 2017).

Das tramas desenvolvidas pelos habitantes das cavernas aos têxteis inteligentes, já de uso tão comum no século XXI, um longo trajeto foi percorrido. A história documenta que as primeiras fibras têxteis de origem vegetal utilizadas pelo homem na antiguidade foram o linho e o algodão, e de origem animal a lã e a seda. Os primeiros tecidos foram concebidos através da manipulação das fibras com os dedos. Dessa forma, o homem deu início à arte da cestaria, e de sua evolução surgiram os primeiros tecidos. Descobrendo novos modos de entrelaçar, novos padrões e texturas foram criados. Os primeiros cestos e têxteis se diferenciavam pelas técnicas usadas na sua construção, e pela escolha dos materiais a serem tramados (Pezzolo, 2019).

Conforme relata Pezzolo (2019), o mais antigo indício da existência de têxteis na história da humanidade data mais de 24 mil anos, de acordo com a antropóloga Olga Soffer. No Leste europeu, Soffer encontrou preciosidades que documentam a presença da tecelagem no período paleolítico (a Idade da Pedra Lascada, que vai até 10000 a.C, quando inicia a Idade da Pedra Polida). Existem descobertas no Egito de tecidos feitos de linho que datam de 6000 a.C. Na Suíça e Escandinávia, foram encontrados tecidos de lã datando de 3000 a.C. a 1500 a.C. (Idade de Bronze). Na Índia, o algodão já era fiado e tecido em torno de 3000 a.C. Na China a seda era tecida pelo menos mil anos antes de Cristo.

No século XVIII, ocorreu a Revolução Industrial, tendo início na Inglaterra aos poucos espalhou-se pela Europa, e posteriormente pelo mundo. Este período é caracterizado pelo importante progresso



tecnológico, onde fomentou um grande desenvolvimento de maquinário direcionado para a produção têxtil. Este advento trouxe enormes mudanças no método de produção de tecidos, passando da simples produção manufaturada para mecanização dos processos, promovendo o aumento da velocidade e o volume da produção.

De acordo com Rivero et al. (2015), este desenvolvimento industrial revolucionário foi acompanhado pela invenção de máquinas que otimizaram a fabricação dos tecidos, facilitando o seu acesso e reduzindo os custos. Nesta revolução tecnológica a manufatura foi sendo substituída pela maquinofatura, transformando-se em uma verdadeira indústria.

No século XX, devido às novas descobertas técnicas e científicas, o campo têxtil alcançou avanços revolucionários no desenvolvimento de novos tecidos. Conforme aponta Rivero et al. (2015), é possível dizer que ocorreu outra revolução neste setor com a síntese de novas fibras como o rayon, o náilon ou poliéster com técnicas de produção de boa qualidade e baixo custo, que rapidamente proporcionaram a essas fibras uma significativa participação no mercado, devido às suas boas propriedades, como estabilidade química, excelente versatilidade (tintas, cores, diâmetros de fibra, tecelagem projetada para roupas especiais) e baixo custo.

Após a Segunda Guerra Mundial, houve um grande aumento na produção de fibras sintéticas e, por outro lado, o uso de fibras naturais diminuiu significativamente. Porém, nos últimos anos, fatores como o fortalecimento da consciência ambiental têm contribuído para o resgate e o acréscimo do uso de fibras naturais nas indústrias têxteis, de construção, de plásticos e automotiva (Schwarz, Kvačević, 2017).

Segundo Petrulyte, Petrulis (2011), atualmente pode ser observado em todo o mundo um aumento na variedade de produtos têxteis, tamanho de mercado e segmentos, além de grandes inovações neste setor. No centro das pesquisas atuais também se encontram o algodão e outras fibras naturais, bem conhecidas e amplamente utilizadas, como linho, seda e cânhamo. Essas fibras naturais são capazes de receber propriedades significativamente melhoradas, a partir de procedimentos enzimáticos e outros procedimentos biotecnológicos avançados, assim como novos métodos de processamento e modificação de fibras habituais, com o propósito de superar suas desvantagens.

Os produtos têxteis possuem diversas características únicas e qualidades excelentes, entre elas, podem ser apontadas: resistência, extensibilidade, flexibilidade, permeabilidade ao ar e à umidade, disponibilidade em estruturas tridimensionais, variedade no comprimento da fibra, finura, formato da seção transversal e geometria e absorção, entre outras. Os grandes avanços tecnológicos no setor têxtil

proporcionam a capacidade de combinar as características têxteis tradicionais com a multifuncionalidade moderna (Qin, Yimin, 2016).

Qin, Yimin (2016) ainda explanam que os materiais têxteis abrangem fibras, filamentos, fios, tecidos com estruturas tecidas, não tecidas e tricotadas, e várias outras formas de materiais e artigos confeccionados a partir de substâncias fibrosas naturais e sintéticas. Além das aplicações tradicionais nas indústrias do vestuário e confecções, os materiais têxteis estão encontrando cada vez mais demanda para novos usos finais. Essa demanda se deve a fatores como: envelhecimento da população, riscos das atividades humanas, incluindo acidentes de transportes, lesões químicas, incêndio, frio, doenças, esportes, etc.

#### 2.4.1 Têxteis funcionais

Nos últimos anos, a pesquisa têxtil tem se concentrado no desenvolvimento dos chamados “têxteis funcionais”. Esses têxteis possuem um conjunto de funções integradas, de acordo com o tipo de aplicação destinada, onde são projetados e produzidos com foco na função e não na estética, levando em consideração suas propriedades técnicas e de desempenho (Massella, 2019)

Segundo descrevem Kiekens et al. (2014), os têxteis funcionais correspondem a um dos campos mais importantes da indústria têxtil e da ciência dos materiais têxteis, e o interesse pelos mesmos cresce cada vez mais. Os têxteis funcionais abrangem uma série de materiais com funcionalidades especiais, como: materiais resistentes ao calor e ao frio, respiráveis, tecidos ultra fortes (por exemplo, como reforço para compósitos), novos tecidos retardadores de chama (por exemplo, materiais intumescentes), otimização de materiais têxteis para propriedades acústicas, entre outros materiais para diversos tipos de aplicações.

De acordo com a International Organization for Standardization (2020), os têxteis funcionais são caracterizados como um “produto têxtil ao qual é adicionada uma função específica por meio de material, composição, construção e /ou acabamento (aplicação de aditivos, etc.)”.

Gupta (2011) propõe um sistema de classificação baseado em parâmetros abrangentes de design usados no desenvolvimento de produtos para uma determinada funcionalidade. Dessa forma, são apresentadas seis classes, onde cada classe distinta pode ter subclasses com princípios análogos que guiam o design de produtos dentro dessa subclasse, ainda que os artigos finais possam encontrar aplicação em uma variedade de campos.

Singh (2021) sugere a inclusão de mais três categorias à classificação dos têxteis funcionais de Gupta (2011), apresentando uma classificação atual que consiste em nove classes funcionais distintas (figura 9). É fundamental esclarecer que novas classes poderão ser introduzidas conforme a evolução tecnológica e demanda neste campo. Ainda pode ser ressaltado quanto a pequena diferença entre têxteis funcionais e técnicos, visto que todos os têxteis funcionais podem pertencer aos têxteis técnicos, porém, nem todos os têxteis técnicos podem ser funcionais.

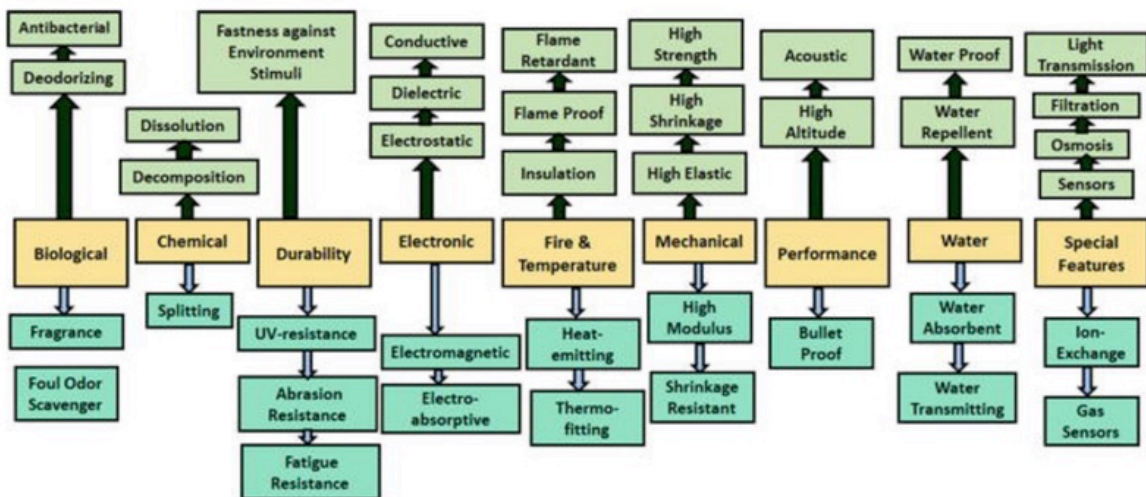


Figura 9. Estímulos e suas funcionalidades têxteis correspondentes. Fonte: Singh (2021).

#### 2.4.2 Têxteis biofuncionais

Historicamente, o termo “têxteis biofuncionais” usualmente se refere a têxteis antimicrobianos. Consoante as necessidades emergentes e os novos avanços tecnológicos, este campo científico vem crescendo, e diversas novas funções bioativas foram adicionadas aos materiais têxteis. Muitos biotêxteis alcançaram grande êxito em suas respectivas aplicações, promovendo melhorias na saúde e qualidade de vida dos indivíduos (Liu, 2011).

Conforme Bartels (2006), não existe na literatura uma definição comum do termo “têxteis biofuncionais”, porém, englobam materiais que são antimicrobianos ou fungicidas, em razão dos acabamentos especiais ou modificações de fibra. Também compreendem têxteis capazes de liberar medicamentos na pele ou com acabamentos que podem conter substâncias malcheirosas como componentes do suor. Os têxteis biofuncionais podem ser utilizados em diversas aplicações têxteis distintas.

Os têxteis biofuncionais são descritos por Lis et al. (2018) como substratos fibrosos que foram modificados para alcançar novas propriedades e valor agregado, especialmente relacionados ao conforto

ou funções específicas. Esses têxteis constituem substratos apropriados a serem utilizados na distribuição de princípios ativos em aplicações cosméticas ou farmacêuticas, conforme o tecido entra em contato com a pele. Devido a maior parte do corpo humano ser coberta por algum material têxtil, o potencial desse tipo de tecido é significativo.

Massella et al. (2019) apontam que os têxteis biofuncionais tratam-se de produtos promissores em virtude da sua capacidade de melhorar a penetração dérmica da molécula ativa, enquanto previne o risco de toxicidade, em função da utilização de materiais biocompatíveis. Os impactos positivos que as inovações tecnológicas podem oferecer a sociedade através dos têxteis biofuncionais estimulou um grande interesse em diferentes comunidades científicas, como: engenheiros têxteis, tecnólogos farmacêuticos, pesquisadores de ciência de materiais e químicos. Dessa forma, uma compreensão precisa do assunto demanda uma abordagem multidisciplinar e abrangente.

A pele é um importante órgão imunológico, com atividades específicas e inespecíficas, além disso, é um órgão comunicativo, sensível e exerce uma série de funções protetoras essenciais, garantindo a homeostase de todo o corpo. Os têxteis, especialmente o vestuário, interagem com as funções da pele em um padrão dinâmico. Algumas das interferências exercidas pelos têxteis com a fisiologia da pele estão relacionadas com a função de barreira protetora e a termorregulação. Dessa forma, para o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos, deve ser seriamente considerado o delicado equilíbrio da microflora da pele para a escolha de compostos e técnicas a serem aplicados. Se a pele for vista como um órgão complexo e adaptável, os artigos têxteis podem ser desenvolvidos para apoiar a função corporal e permitir a manutenção da homeostase, mesmo nos ambientes mais adversos (Wollina et al. 2006).

## 2.5 Materiais aplicados

### 2.5.1 Têxteis *Far Infrared*

As ondas eletromagnéticas entre a luz visível e a região das micro-ondas são denominadas luz infravermelha (IR). Literalmente, o termo Infravermelho significa abaixo do vermelho, em razão do IR apresentar um comprimento de onda maior e, portanto, menor frequência que a luz vermelha visível (Dyer, 2011). Na figura 10 pode ser vista uma representação da posição do IR no espectro eletromagnético.

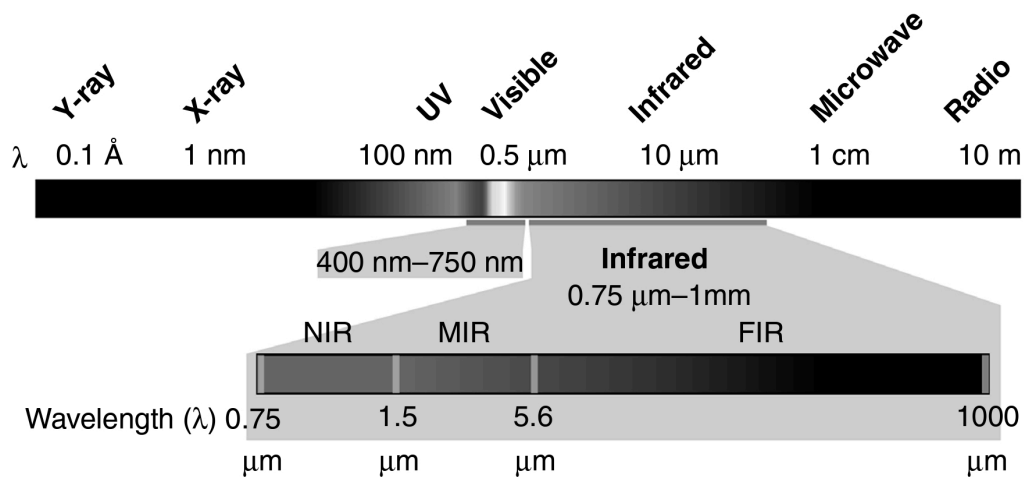


Figura 10. Localização e distribuição do IR dentro do espectro eletromagnético. Fonte: Dyer, 2011.

Far infrared radiation (FIR) é uma banda específica (50 a 1000  $\mu\text{m}$ ) no espectro IR da radiação eletromagnética. As radiações FIR são emitidas por qualquer objeto que apresente uma temperatura acima do zero absoluto, incluindo o corpo humano à temperatura ambiente. Ao passo que o FIR é imperceptível à visão humana, os termorreceptores da pele são capazes de percebê-lo como calor radiante. Devido ao seu teor de água, o corpo humano pode absorver FIR, sendo possível penetrar profundamente nos tecidos humanos (Bontemps et al. 2021).

De acordo com Jin et al. (2021) A energia do FIR é capaz de promover o movimento das moléculas de água e ressonar com a frequência celular, dessa forma, proporciona a circulação sanguínea, aumenta a capacidade de regeneração celular, e acelera a capacidade do organismo de excretar substâncias nocivas.

Conforme com Voutetakis et al. (2016), existe uma evidência emergente de efeitos positivos na saúde humana através do uso de FIR. A terapia FIR vem sendo aplicada, por exemplo, em problemas cardiovasculares, autoimunes e doenças crônicas, maturação da fistulas arteriovenosa ou na frequência cardíaca elevada condicionada por estresse psicológico, pressão arterial e contratilidade cardíaca suprimida por estresse oxidativo. A maior parte dessas condições está relacionada à produção de radicais livres pelo corpo humano, dado que são produzidos em trilhões diariamente. Os mecanismos intracelulares previnem seus efeitos tóxicos, porém, este sistema apresenta uma função prejudicada com o decorrer da idade.

Voutetakis et al. (2016), ainda ressaltam que os radicais livres também estão ligados a inúmeras condições patológicas, além das mencionadas. A fisiopatologia do FR pode estar associada ao estresse oxidativo. Episódios repetidos de isquemia e reperfusão pós-isquêmica durante os ataques

vasoespásticos do FR favorecem a hipótese de que o dano endotelial é agravado por uma liberação de radicais livres de oxigênio e espécies reativas ao oxigênio. O fato do FR também ser caracterizado por potencial antioxidante reduzido, é levantada a possibilidade da terapia antioxidante como uma nova estratégia promissora contra a enfermidade.

Têxteis FIR são uma nova categoria de têxteis funcionais que apresentam aplicabilidade presumida de saúde e bem-estar. O acabamento IR está diretamente relacionado com o conforto termofisiológico humano. FIR exerce fortes efeitos rotacionais e vibracionais em nível molecular, com potencial de desempenho biologicamente benéfico. Os tecidos FIR são projetados para absorver a luz do sol ou o calor do corpo humano e, em seguida, transformar essa energia em radiação FIR com um comprimento de onda de 4 - 14  $\mu\text{m}$ , e enviá-la de volta ao corpo humano, contribuindo para a melhoria da circulação sanguínea (Kubiliené et al. 2016).

Segundo Dyer (2011), os têxteis representam um ótimo recurso para fornecer tratamento localizado ao corpo humano. Os tecidos FIR são geralmente derivados de fibras tradicionais, porém, foram funcionalizados pela incorporação de um material com absorção eletromagnética adequada e propriedades de emissão. O corpo humano emite energia térmica continuamente, dessa forma, o tecido é estimulado por esta energia térmica. Logo, teoricamente, os têxteis FIR são alimentados pelo usuário. Em síntese, a camada de material FIR-ativo atua como um espelho para o corpo humano, posto que o calor emitido retorna como FIR dentro de uma faixa específica de comprimento de onda.

Papacharalambous et al. (2018) descrevem que em engenharia e medicina existe um crescente interesse quanto ao uso de têxteis desenvolvidos através de compósitos com propriedades térmicas aprimoradas. Por exemplo, o tecido impregnado com cerâmica e partícula minerais. Esse material apresenta alta emissividade na faixa do infravermelho, e é capaz de fornecer benefícios terapêuticos para o tratamento de patologias, como a síndrome de Raynaud. As cerâmicas e minerais possuem características mecânicas e ópticas que possibilita a sua utilização em várias aplicações industriais. Entre as propriedades importantes estão incluídas rigidez mecânica e alta emissividade.

Explorar a interação entre os formatos das fibras e o desempenho do FIR é considerado um método significativo de desenvolver artigos têxteis FIR extremamente eficientes. Na atualidade, a tecnologia habitualmente utilizada para a produção de têxteis FIR se dá através da introdução de pós cerâmicos, incluindo óxido de silício, carboneto de zircônio e compostos de germânio, por meio de processos de revestimento, pulverização, laminação, impregnação, cobertura e imersão. Usualmente, os

métodos de fiação por fusão e pós-tratamento são os principais procedimentos usadas em produtos têxteis FIR comercializados (Tao et al. 2018).

Ao passo que os artigos do vestuário que emitem FIR não proporcionam nenhum efeito de aquecimento térmico à temperatura ambiente, eles podem atuar como um meio interessante de viabilizar efeitos biológicos pontuais para o corpo humano. Até o momento, estudos demonstraram que o uso de peças do vestuário que emitem FIR em repouso são capazes de aumentar o fluxo sanguíneo periférico, a oxigenação do tecido muscular, a taxa metabólica em repouso e os parâmetros subjetivos do sono (Bontemps et al. 2021).

### 2.5.2 Seacell

Durante séculos, a população costeira colheu uma grande variedade de algas marinhas, envolvendo todos os grupos de algas: vermelha (Rhodophyta), marrom (Phaeophyceae), e verde (Chlorophyta). Inicialmente, as algas eram mais frequentemente utilizadas para fins domésticos, como por exemplo, para o consumo humano. Posteriormente, foram descobertas aplicações industriais (Delaney et al. 2016).

Baweja et al. (2016) ressaltam que o uso de diversas macroalgas remonta a alguns dos primeiros registros da história humana (tabela 1). Globalmente, as algas marinhas têm sido utilizadas para diversos fins e, atualmente, o consumo vem passando por uma expansão na gama de usos, porém, ainda estão subexploradas e não alcançaram o seu potencial total de aplicação.

De acordo com Cotas et al. (2020), atualmente, todos os grupos de algas vêm chamando a atenção da comunidade científica em razão das substâncias bioativas que produzem. Os principais compostos estudados são os ácidos graxos, pigmentos, fenóis e polissacarídeos. Os polissacarídeos são as moléculas mais investigadas, já vastamente empregada em inúmeras indústrias e, atualmente, iniciando em aplicações mais avançadas do ponto de vista terapêutico.

Conforme Hardouin et al. (2014), as algas marinhas são a base de uma lucrativa economia, com impacto em inúmeros setores, englobando têxteis, alimentos, rações, nutracêuticos, farmacêuticos, cosméticos, químicos, compostos bioativos e setores biotecnológicos, como a bioenergia. Moléculas de algas marinhas concederam pistas promissoras de drogas, ofereceram novos alvos para químicos sintéticos e oportunidades para a elucidação de vias biossintéticas incomuns.

Tabela 1. Usos de algas marinhas ao longo do tempo, com foco na trajetória histórica moderna da indústria e da pesquisa aplicada dessas algas. Fonte: Baweja et al. (2016).

Up to 35,000 BC 13,000 BC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasmanians were using kelp to make water carriers</li> <li>• Ancient civilization of Chile used seaweeds for nutritional and health purposes</li> </ul>
0–300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Greeks used seaweeds as medicines</li> <li>• Romans (Columella and Paldeus) used seaweeds as soil nutrition enhancers</li> <li>• China—seaweeds used as iodine supplement</li> <li>• Japan—seaweeds used as food</li> </ul>
1700s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seaweed hygroscopic properties were discovered</li> </ul>
1940s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrial exploitation of seaweeds for hydrocolloids</li> <li>• Studies on seaweed biology and nutrition</li> <li>• Cultivation of <i>Porphyra</i> in Japan</li> <li>• Use of brown seaweeds' liquid extract as biofertilizers</li> </ul>
1950s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First international seaweed symposium (Scotland)</li> <li>• <i>Laminaria</i> raft cultivation in China</li> </ul>
1960s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Further research on taxonomic classification, biogeography, and ecophysiology</li> <li>• Early publications on bioactive fucoidan polysaccharides</li> </ul>
1970s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial cultivation for carrageenan extraction—Canada and the Philippines</li> <li>• Development of micropropagation techniques</li> </ul>
1980s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advancements in seaweed cultivation and biotechnology</li> <li>• Studies on properties of hydrocolloids</li> <li>• Drug discovery and bioactive compounds</li> <li>• Classical genetics and mutant studies</li> <li>• Phycoculture in China reaches over 1 million tonnes per annum</li> <li>• Seaweed carrageenan cultivation introduced to Indonesia and Africa</li> </ul>
1990	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tissue culture</li> <li>• Molecular phylogenetics</li> <li>• Genetic transformation and gene cloning and characterization</li> </ul>
2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micropropagation technology expands</li> <li>• Barcoding and first seaweed barcodes published</li> <li>• Introduction of expressed sequence tags</li> <li>• Evidence for the bioactivity of seaweed-sulfated polysaccharides</li> <li>• Search of a model plant for large-scale genomic study</li> <li>• Chemical engineering for high-value products or biofuels in a biorefinery approach</li> <li>• <i>Porphyra</i> proposed as model organism and candidate for genome sequence</li> </ul>
2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First model seaweed genome sequenced—the brown alga <i>Ectocarpus</i></li> <li>• Genetic tools applied to reclassify taxonomy of some of the biggest commercial species</li> <li>• Seaweed, molecular techniques, and glycobiology meet</li> </ul>
2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Chondrus crispus</i> (red) genome sequenced</li> </ul>

As algas marinhas habitam um ambiente ecológico complexo e dinâmico que pode ser denominado um ambiente extremo, posto que os fatores bióticos e abióticos podem ter flutuações amplas e rápidas. Os principais fatores são temperatura, luz, salinidade, poluentes e nutrientes. Dessa forma, como organismos sésseis, as macroalgas necessitam naturalmente adaptar-se a estas mudanças nas condições ambientais. Assim, elas são capazes de produzir uma grande variedade de metabólitos



primários e secundários para responder ao ambiente ao seu entorno, onde algumas dessas moléculas não são vistas em outros organismos, com exceções específicas de microalgas e algumas bactérias que produzem moléculas idênticas (Cotas et al. 2020).

Segundo Shannon, Abu-Ghannam (2016), o ambiente marinho é o lar de um ecossistema taxonomicamente diverso. Organismos como algas, moluscos, esponjas, corais e tunicados evoluíram para sobreviver às altas concentrações de bactérias infecciosas e contaminantes da superfície, encontradas nas águas do oceano. As algas marinhas (macroalgas) e as diatomáceas (microalgas), possuem compostos farmacológicos ativos, como florataninos, ácidos graxos, polissacarídeos, peptídeos e terpenos, responsáveis por combater a invasão bacteriana.

A natureza bioativa das algas marinhas surgiu como um ingrediente natural importante nos últimos anos. Para a utilização desse recurso da biodiversidade marinha, a pesquisa focou em isolar e identificar os compostos e constituintes bioativos das algas, visando à aplicação em várias indústrias. A utilização de ingredientes ativos em têxteis com propósitos terapêuticos ou cosméticos é um campo emergente. A alga marinha é rica em vitaminas, minerais, aminoácidos essenciais e proteínas, onde possuem benefícios terapêuticos conhecidos para a pele e o corpo. Essas propriedades são capazes de melhorar o sistema imunológico da pele, estimular a renovação celular e manter a capacidade antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana (Broadhead et al. 2021).

Ainda conforme Broadhead et al. (2021), estudos acerca de uma fibra composta de viscose e algas foram desenvolvidos para a indústria têxtil, possibilitando incorporar essas propriedades de cuidado da pele. Materiais de algas marinhas têm sido utilizados devido a sensação de toque suave proporcionada a pele, e pela abundância natural em micronutrientes. A fibra ainda tem sido testada quanto a sua capacidade antioxidante quando os tecidos estão em contato direto com a pele.

Sivak et al. (2018), ressalta que ao considerar as algas marinhas como fontes antioxidantes, onde ao mesmo tempo protege o corpo humano de reações incômodas, logo, seria provável a hipótese de defesa potencial contra oxidação. Efetivamente, os antioxidantes previnem danos ao DNA ou mutação com redução do oxigênio reativo e obstrução de radicais livres.

A crescente demanda por têxteis "inteligentes" e "bioativos" motivou a empresa alemã Alceru GmbH (Schwarza-Rudolstadt) a desenvolver uma nova fibra nomeada SeaCell® Active. A fibra pode ser fabricada através do chamado processo Lyocell®. Esse método é caracterizado como uma alternativa ambientalmente correta, economicamente viável, que aprimora o produto e é bastante flexível para a fabricação de fibras de celulose artificiais (Hipler et al. 2006).

As fibras de seacell são fabricadas a partir da adição de algas finamente moídas, especialmente da família das algas marrons, vermelhas, verdes e azuis. Para formar a solução de fiação são acrescentadas principalmente as algas marrons *Ascophyllum nodosum* e/ou vermelhas *Lithothamnium calcareum* (figura 11). As algas são adicionadas como um pó ou como uma suspensão, em uma das etapas do processo que antecede a fiação da solução de celulose (Fluhr, 2009).

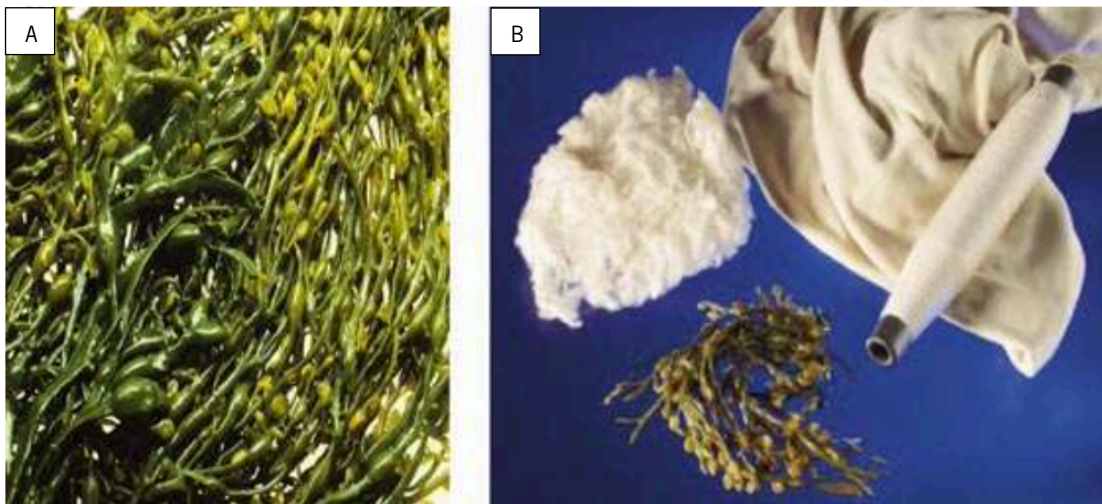


Figura 11. (A) *Ascophyllum nodosum*, (B) fibra, fio e tecido. Fonte: Hipler et al. 2006.

A fibra seacell apresenta uma resistência à tração significativamente alta em condições secas e úmidas, e um encolhimento insignificante. Considerando as boas propriedades físicas dos têxteis, os tecidos produzidos com fibras seacell oferecem alta estabilidade dimensional, além de proporcionar alto conforto ao uso. Uma especificidade desta fibra é o seu poder de ligar e absorver substâncias, dessa forma, durante a ativação das fibras seacell, metais bactericidas como prata, zinco, cobre, entre outros podem ser absorvidos pela fibra celulósica totalmente formada (figura 12). Distinto do método usualmente empregado de incorporação dos ingredientes ativos nas soluções de fiação, a fabricação do seacell active possibilita incorporar a substância de forma permanente no núcleo da fibra totalmente formada em uma etapa de ativação (Hipler, Wiegand, 2011).

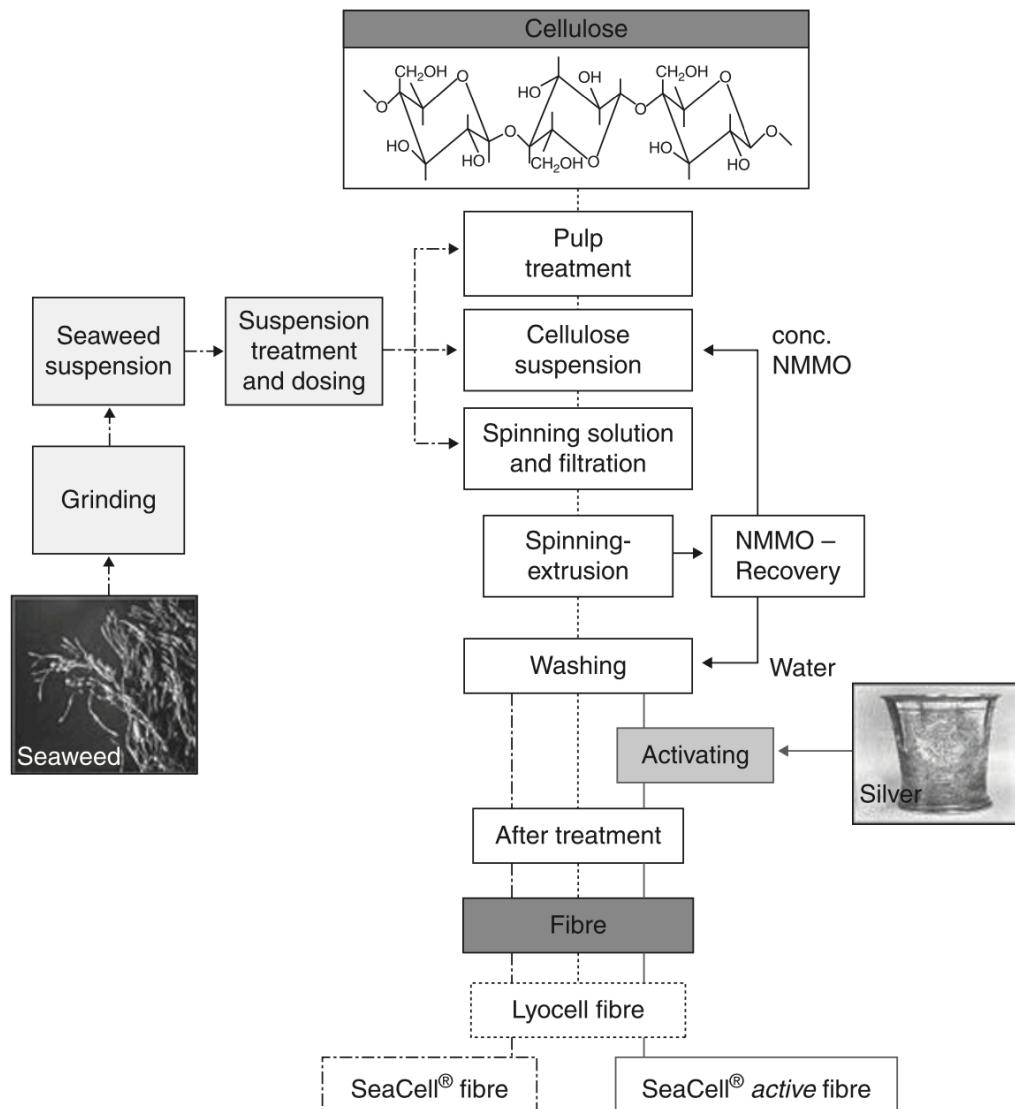


Figura 12. Processo de fabricação da fibra de seacell e seacell active através do processo lyocell.

Fonte: Hipler Wiegand, 2011.

Hipler et al. (2006) descrevem que as fibras naturais, à base de celulose e de algas marinhas, atuam como um transportador funcional para o composto ativo prata, que é conhecido há mais de um século por desempenhar atividade antifúngica e antibacteriana. De acordo com Hipler e Wiegand (2011), o excelente conforto de uso proporcionado pela fibra celulósica não é afetado pela incorporação da prata. Além disso, nesta fibra são encontrados os minerais cálcio, magnésio e sódio, responsáveis por desempenhar um papel fundamental na homeostase da pele.

### 2.5.3 Fios condutores

Nos últimos anos, tornou-se mais comum a integração de vários componentes e dispositivos eletrônicos em têxteis para proporcionar funções adicionais. A incorporação de elementos eletricamente

condutores pode ser obtida através de diversas tecnologias têxteis, como costura, tecelagem, estamparia e tricô (Šahta et al. 2014)

De acordo com Šafářová e Grégr (2010), as fibras condutoras podem ser classificadas em duas categorias gerais, aquelas que são naturalmente condutoras e aquelas que são especialmente tratadas para criar condutividade.

Os fios condutores podem ser obtidos a partir de fibras 100% condutoras ou através de mesclas em diferentes proporções, filamentos condutores, fios revestidos com polímeros condutores, fios revestidos com metal ou fios revestidos com pós condutores, como carbono ou pós metálicos. Os fios têxteis utilizados como substrato podem ser de fibras de origem natural ou química. As películas aplicadas podem ser de polímero condutor, tais como polipirrol, polianilina, politiofeno, poliacetilenos, além de metais condutores, como prata, cobre, ouro, platina, etc. (Buhu et al. 2019).

Os fios eletricamente condutores são amplamente utilizados em e-têxteis, dependendo de suas propriedades elétricas. Um fio têxtil clássico é o elemento básico do tecido, enquanto um fio eletricamente condutor é considerado o elemento básico do têxtil inteligente. O propósito da aplicação do fio depende não exclusivamente das propriedades elétricas do fio, assim como também deve ser levado em consideração a vida útil prevista do mesmo, onde comumente é determinada pelo fabricante. Um aspecto importante desses produtos têxteis direcionados ao vestuário é a manutenção – geralmente a capacidade de lavagem (Baribina et al. 2018)

Ainda conforme Baribina et al. (2018), a prática demonstra que a água apresenta um efeito negativo nas propriedades elétricas dos fios condutores, reduzindo sua vida útil. Os pesquisadores ainda estão investigando meios de estender a vida útil dos fios condutores e outros elementos elétricos, uma das alternativas é revestir os fios (tiras, zonas) condutores de electricidade com uma solução que os proteja dos impactos ambientais negativos, incluindo a água. (Baribina et al. 2018)

Segundo Mey et al. (2014), devido a maleabilidade dos têxteis, é necessário estar atento as propriedades mecânicas e físicas dos materiais condutores elétricos integrados aos tecidos. Fatores mecânicos são importantes para têxteis aplicados à pele humana, com o objetivo de proporcionar um contato firme. Em razão da flexibilidade e textura dos tecidos, a medição das propriedades elétricas demanda técnicas especiais adaptadas.

Os fios poliméricos folheados a prata são um dos fios condutores mais comuns em virtude da sua flexibilidade e facilidade de processamento quando comparados aos fios à base de metal. As fibras de poliamida recobertas por uma fina camada de prata demonstram alta condutividade, mantendo a

maleabilidade da poliamida. Já os fios à base de metal apresentam uma condutividade elétrica superior em relação aos fios poliméricos inerentemente condutores. Em contrapartida, a sensação das fibras metálicas em contato com a pele compromete o conforto do usuário, além disso, as mesmas apresentam baixa flexibilidade para processar. Dessa forma, as fibras metálicas são preferidas para utilizar como mistura com os fios e tecidos convencionais (Ismar et al. 2020).

O desenvolvimento de fios eletricamente condutores é descrito por Ryklin e Medvetski (2017) como um dos campos de pesquisa têxtil mais prospectivos, dado que o uso de fios condutores corresponde a base da criação de têxteis inteligentes e eletrônicos vestíveis. Considera-se que a integração da funcionalidade inteligente em roupas e outros produtos têxteis transformará radicalmente a cultura que cerca esses produtos, alterando sobretudo as relações das pessoas com os mesmos e a forma como os usam. A funcionalidade inteligente também terá um impacto na forma como os produtos são projetados e na produção dos materiais.

### 3. INVESTIGAÇÃO QUANTITATIVA

#### 3.1 Introdução

Neste estudo foi realizado um inquérito com o objetivo de levantar informações de natureza quantitativa, que sirvam como suporte e fundamentação ao desenvolvimento de um produto têxtil destinado à proteção e alívio dos sintomas do FR. Os dados obtidos através do questionário aplicado ao público-alvo serão apresentados e analisados neste capítulo, além da definição dos requisitos do produto.

De acordo com Pradanov e Freitas (2013), ao elaborar uma pesquisa de natureza quantitativa, é necessário formular hipóteses e classificar a relação entre as variáveis para assegurar a precisão dos resultados; dessa forma, evitam-se as contradições no processo de análise e interpretação. Os autores ainda descrevem que:

Essa forma de abordagem é empregada em vários tipos de pesquisas, inclusive nas descritivas, principalmente quando buscam a relação causa-efeito entre os fenômenos e também pela facilidade de poder descrever a complexidade de determinada hipótese ou de um problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou das atitudes dos indivíduos (Pradanov e Freitas, 2013, p.70).

Esta pesquisa objetiva coletar dados usando medição para analisa-los em busca de tendências e relações, e para verificar as medições efetuadas. Alguns itens são fáceis de medir, como altura e peso; outros são difíceis, como o que as pessoas pensam ou como as pessoas se sentem. A investigação quantitativa abrange todo esse espectro. Critérios semelhantes são utilizados para verificar, calcular e analisar dados para todos os tipos de medição. A pesquisa quantitativa pode ser considerada uma forma de pensar o mundo. É essencialmente dedutiva: medições são feitas; a análise é aplicada; e conclusões são obtidas (Watson, 2015).

##### 3.1.1 Elaboração e estrutura do questionário

Desenvolver um questionário compreende basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas. As respostas obtidas através dessas questões irão proporcionar os dados requeridos para caracterizar a população pesquisada, ou testar as hipóteses que foram construídas no decorrer do planejamento da pesquisa. Dessa forma, a construção de um questionário necessita ser reconhecida como um procedimento técnico onde sua elaboração exige uma série de cautelas, como: comprovação de sua eficácia para verificação dos objetivos; definição da forma e do conteúdo das

questões; quantidade e ordem das questões; construção das alternativas; apresentação do questionário e pré-teste do mesmo (Gil, 2008).

O pesquisador deve ter domínio do conteúdo para poder dividi-lo, construindo uma lista de 10 a 12 temas, para extrair duas ou três perguntas de cada um deles. O processo de elaboração é extenso e complexo: demanda cuidado na seleção das questões, levando em conta a sua relevância, ou seja, se oferece condições para a obtenção de informações válidas. Os temas definidos devem estar em conformidade com os objetivos gerais e específicos (Marconi, Lakatos, 2003).

Para o desenvolvimento do questionário foi necessário o estudo aprofundado da patologia, realizado através de uma revisão bibliográfica sobre estudos relacionados ao FR por meio de livros, artigos, jornais, revistas e teses. Além disso, a internet foi uma ferramenta importante para acompanhar grupos dedicados a patologia. Foram analisados relatos em grupos do *Facebook* - correspondentes a diversos países, desenvolvidos com o intuito de trocar informações e dúvidas sobre o FR, compostos por pessoas que possuem a enfermidade ou que buscam ajuda para algum conhecido.

O questionário intitulado “Fenômeno de Raynaud - desenvolvimento de um produto com base têxtil para proteção e alívio dos sintomas” compreende 24 questões, compostas de perguntas abertas e fechadas, com duração de preenchimento de aproximadamente 5 minutos.

Inicialmente, as perguntas estão focadas na caracterização dos entrevistados, em seguida, buscam abordar questões relacionadas à patologia, com o objetivo de obter informações significativas que guiem a identificação dos requisitos e direcionem o desenvolvimento do produto. A última parte reúne questões pertinentes às luvas de proteção contra o frio, com a finalidade de verificar a eficácia dos produtos disponíveis no mercado, preferências quanto aos materiais, grau de relevância do artigo proposto no projeto e o grau de importância das características apontadas para este tipo de produto.

### 3.1.2 Pré-teste do questionário

Ao finalizar a primeira versão do questionário, com todas as questões redigidas e ordem provisoriamente definidas, é necessário certificar que o mesmo seja realmente aplicável e que responda efectivamente aos problemas levantados pelo investigador. O conjunto destas verificações constituem os pré-testes, onde não devem ser interpretados apenas como um ensaio do questionário em pequena escala (Ghiglione, Matalon, 2001).

Segundo Gil (2008), o pré-teste de um instrumento de coleta de dados tem como propósito assegurar-lhe validade e precisão. O pré-teste deve garantir que o questionário esteja bem elaborado,

especialmente no tocante a: introdução do questionário, clareza e precisão dos termos, desmembramento das questões e sequência das questões.

O pré-teste do questionário foi realizado por meio da plataforma Google Docs, e divulgado através de um grupo do *Facebook* sobre a patologia. Na descrição do formulário foi esclarecido o propósito do mesmo, e solicitado um *feedback* em caso de existir dificuldade em responder alguma questão ou desejar fazer alguma observação.

O pré-teste foi essencial para confirmar que o questionário estava alinhado aos objetivos da investigação, seguindo uma sequência coerente, com questões de fácil interpretação e livre de erros que pudessem influenciar nos resultados; dessa forma, não houve necessidade de sofrer alterações.

### 3.1.3 A coleta dos dados

Esta etapa da pesquisa consiste no início da aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, com intuito de realizar a coleta de dados previstos. É tarefa árdua e demanda, na maioria das vezes, mais tempo do que se espera. Requer do pesquisador paciência, perseverança e esforço, além do cuidadoso registro dos dados e de um bom preparo anterior (Marconi, Lakatos, 2006).

Para a coleta de dados foi aplicado um questionário online (Anexo I), composto de 24 perguntas - abertas e fechadas, por meio da plataforma Google Docs. O mesmo foi divulgado através do e-mail institucional da Universidade do Minho e em grupos do *Facebook* sobre o FR. Foi selecionado este meio pela facilidade de divulgação e poder de alcance.

## 3.2 Análise dos dados

Conforme Marconi e Lakatos (2006), uma vez obtidos os resultados dos dados, a seguinte etapa corresponde a análise e interpretação destes, constituindo-se ambas no núcleo central da pesquisa. A importância dos dados está não neles mesmos, mas no fato de proporcionarem respostas às investigações. Análise e interpretação são duas tarefas diferentes; porém, estreitamente relacionadas e, como processo, envolvem duas operações:

Na análise, o pesquisador entra em mais detalhes sobre os dados decorrentes do trabalho estatístico, a fim de conseguir respostas às suas indagações, e procura estabelecer as relações necessárias entre os dados obtidos e as hipóteses formuladas. Estas são comprovadas ou refutadas, mediante análise. (...) Interpretação é a atividade intelectual que procura dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-as a outros conhecimentos. Em geral, a interpretação significa a exposição do verdadeiro significado do material apresentado, em relação aos objetivos propostos e ao tema. Esclarece não só o significado do material, mas também faz ilações mais amplas dos dados discutidos (Marconi, Lakatos 2006, p.35).



Este tópico apresenta a análise dos resultados obtidos por meio do questionário aplicado ao público, e corresponde a uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento do produto proposto. A análise destes dados é organizada acompanhando a sequência do questionário. A primeira parte representa a caracterização dos entrevistados, onde as informações são descritas de maneira sintética, priorizando àquelas que tem influência direta quanto ao planejamento do produto. Na ordem, são analisadas as informações associadas à patologia e, em seguida, relacionadas às luvas de proteção contra o frio.

As respostas alcançadas no questionário apontam que a maioria dos participantes correspondem ao gênero feminino, totalizando 95,8% face a 4,2% representado pelo gênero masculino, como pode ser visto na figura 13. Os grupos associados a patologia, onde os questionários foram aplicados, são compostos na sua maioria por mulheres, além disso, elas são mais ativas nos grupos que os membros masculinos, refletindo-se neste resultado.

Outro dado importante que está diretamente relacionado a este resultado é o fato do FR acometer mais o sexo feminino, como já foi mencionado anteriormente. Segundo Peralta et al. (2016), na distribuição por sexo, é apresentada uma variação entre 6% e 20% no gênero feminino e entre 3% e 12,5% no masculino.

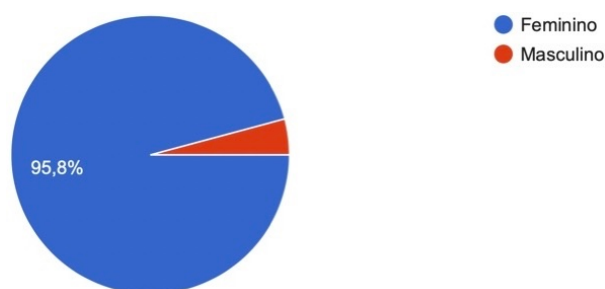


Figura 13. Gênero

Na figura 14 pode ser vista a distribuição da faixa etária dos participantes, onde 50% possui entre 18 e 29 anos; 25% entre 40 e 49 anos; e 16,7% estão entre 30 e 39 anos. Com menor porcentagem, correspondendo a 4,2% estão os participantes com menos de 17 anos; e com 4,2% os que apresentam entre 50 e 59 anos.

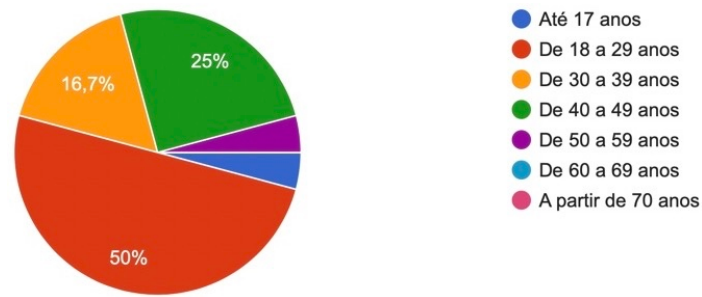


Figura 14. Faixa etária

A maioria dos inquiridos respondeu não possuir filhos, correspondendo a 62,5%, enquanto 37,5% afirmaram possuir (figura 15).

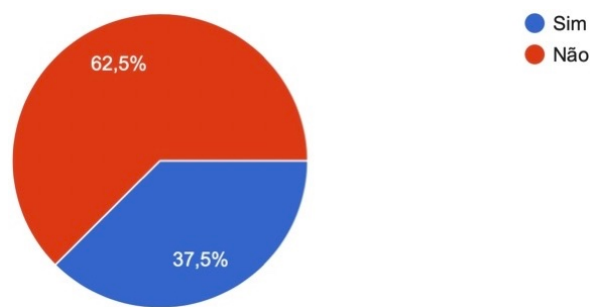


Figura 15. Filhos

A tabela 2 apresenta algumas respostas dos participantes sobre as atividades profissionais que desempenham; esta se tratava de uma pergunta aberta. As atividades exercidas e os ambientes onde se realizam são diversos.

Tabela 2. Profissões dos inquiridos.

Estudante	Advogada
Estudante	Técnica de ação educativa
Professora	Técnica de negócios e gestão
Designer	Arquiteta
Informática	Função pública
Professora	Assistente operacional
Administrativa	Caixa de loja de roupas

No tocante ao nível de escolaridade (figura 16), a maioria dos participantes possui até o 12º ano completo, representando 47,8%; na sequência, 34,8% corresponde ao ensino superior – licenciatura; e 8,7% ao ensino superior – mestrado.

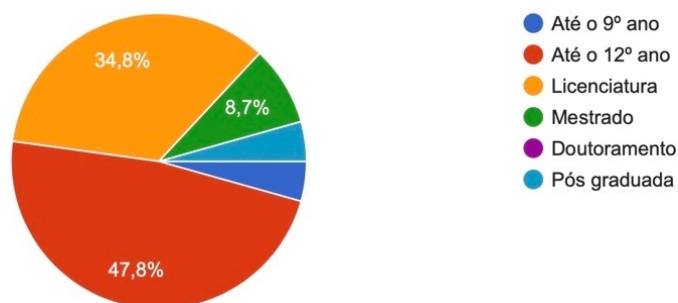


Figura 16. Nível de escolaridade

Quanto a origem do FR (figura 17); 41,7% dos inquiridos afirmam que foram diagnosticados com o FR de origem secundária, enquanto 33,3% ainda não possuem diagnóstico, e 25% foram diagnosticados com o FR de origem primária.

Dado que os grupos relacionados ao FR foram um dos meios onde o questionário foi aplicado, nos quais muitos membros possuem outra patologia associada, isto refletiu-se nos dados apresentados quanto a origem do fenómeno, visto que a maioria foi diagnosticada com o FR de origem secundária e, conforme a literatura, o FR primário é responsável por 80 a 90% dos casos.

Uma quantidade considerável ainda desconhece a origem do seu FR. Chegar a um diagnóstico nem sempre é simples. Quando a patologia inicialmente não está associada a outros sintomas que podem indicar uma origem secundária, é necessário uma série de exames para descartar qualquer possibilidade de associação com uma causa secundária, visto que, o FR é um dos primeiros sintomas de certas doenças autoimunes, onde os outros sinais podem levar um tempo em se manifestar. Obter um diagnóstico precoce é importante para dar início as medidas preventivas adequadas, e tratamentos, caso seja necessário, evitando complicações futuras quanto ao avanço do problema.

Para aqueles que marcaram que o FR foi diagnosticado como de “origem secundária”, foi pedido para mencionar qual patologia está associada à sua síndrome e, entre as mencionadas, destacaram-se as doenças reumáticas autoimunes, como: dermatomiosite, esclerose sistémica, lúpus eritematoso sistémico e artrite reumatoide. Este dado vai ao encontro da literatura consultada, onde aponta que as doenças reumáticas autoimunes estão entre as principais condições relacionadas ao FR secundário.

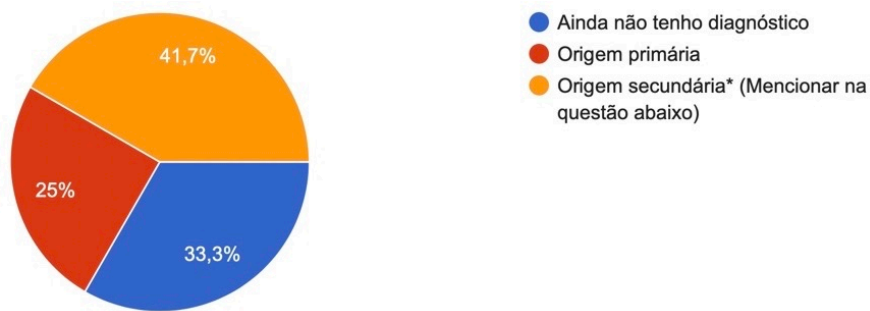


Figura 17. Origem do FR

Sobre a frequência em que este fenômeno se manifesta (figura 18), 75% dos entrevistados assinalam que “durante todo o ano, porém, com maior intensidade no inverno”; 20,8% marcam que “apenas no inverno”; e 4,2 % afirmam que “sempre, independente das estações.”

O clima das regiões exerce influência quanto a frequência e intensidade dos ataques no FR. Dessa forma, os ataques podem apresentar a mesma frequência durante todo o ano em lugares que sempre marcam baixas temperaturas, onde até o verão é caracterizado por temperaturas mais frias quando comparados a outros países que também possuem inverno rigoroso.

Para aqueles que vivem em climas que atingem altas temperaturas no verão, os ambientes artificialmente climatizados são um dos grandes responsáveis pelos ataques nestes períodos, como: shoppings centers, cinemas, lojas, supermercados, etc.

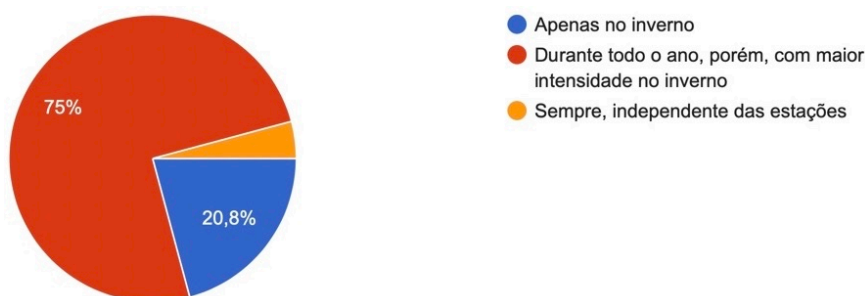


Figura 18. Frequência em que o FR se manifesta.

As alterações de coloração dos dedos das mãos é um sintoma típico do FR. Diante disso, foi solicitado que os inquiridos marcassem os outros sintomas que apresentam comumente nesta área. Como pode ser verificado na figura 19, os mais indicados foram: dormência (87,5%), dor (58,3%), formiguelo (58,3%) e queimação (37,5%).

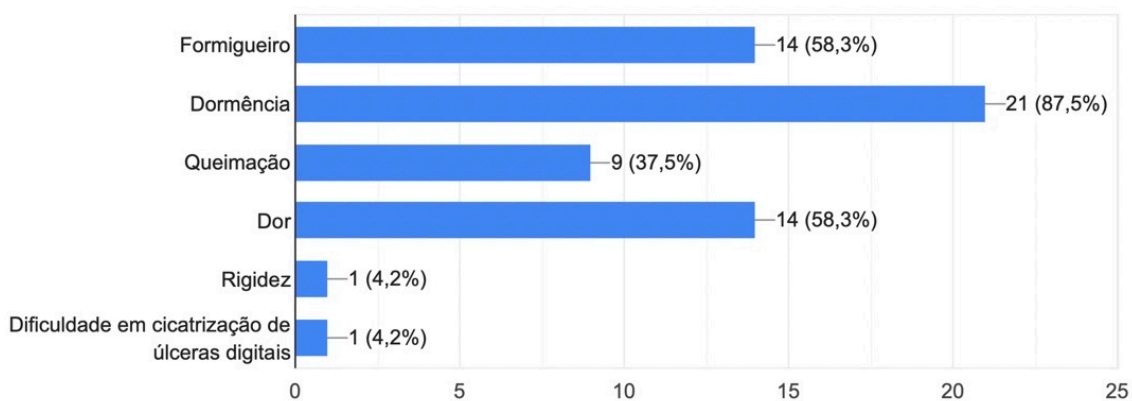


Figura 19. Sintomas apresentados comumente na área das mãos.

De fato, a área das mãos é uma das mais atingidas pelo FR. Com o intuito de perceber em que proporção as outras extremidades também são afetadas, foi pedido para que assinalassem qual/quais partes do corpo também eram acometidas pelo fenômeno. Dessa forma, os pés se destacam como a zona mais indicada, conforme demonstrado na figura 20.

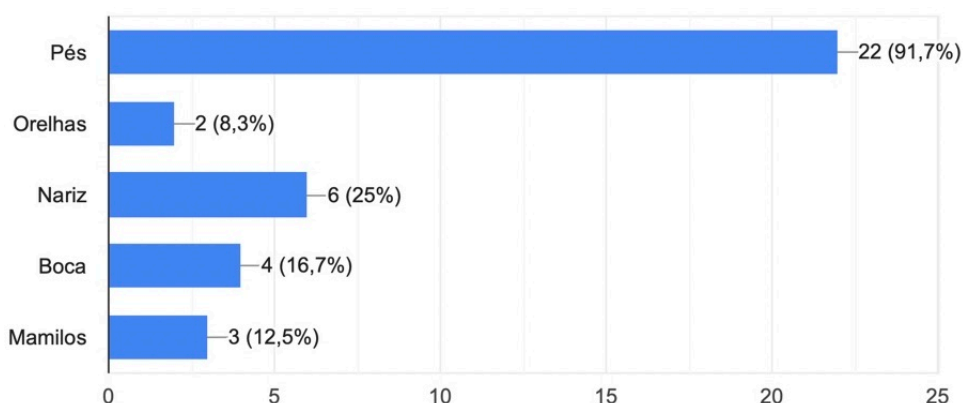


Figura 20. Partes do corpo afetadas pelo FR.

Quando perguntados sobre as mudanças ao longo do tempo no aspecto das mãos (figura 21), as alternativas mais assinaladas foram: aumento no ressecamento (50%); enrijecimento de algumas áreas (33,3%); sinais de envelhecimento precoce (29,2%); maior sensibilidade (25%).

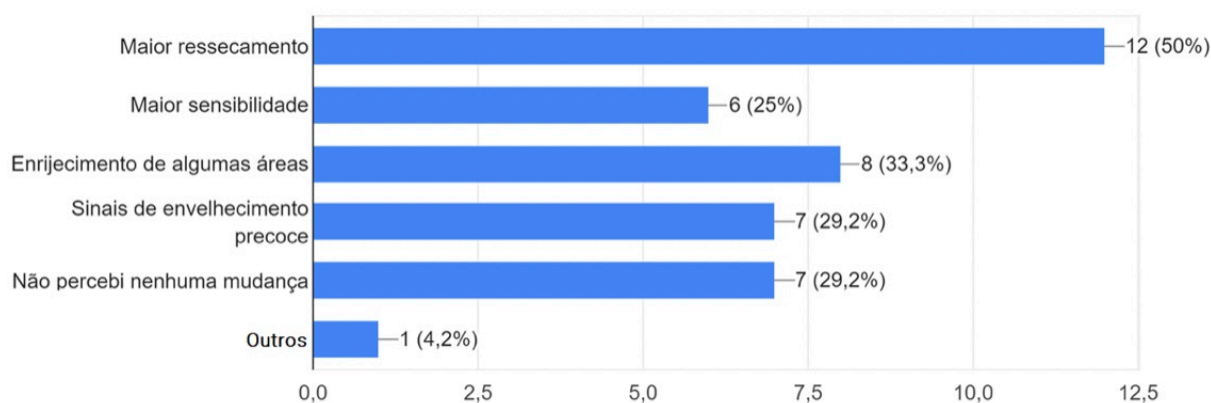


Figura 21. Mudanças no aspecto das mãos.

No que diz respeito aos cuidados com a pele das mãos, 45,8% afirmam possuir uma rotina de cuidados especiais, como pode ser visto na figura 22. Apesar das mãos serem bastante afetadas e poder apresentar alterações ao longo do tempo, muitos não possuem ou não conseguem manter o hábito de cuidados.

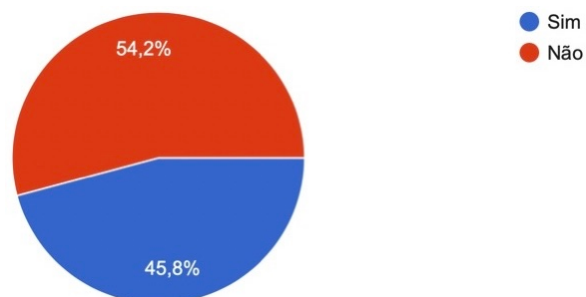


Figura 22. Rotina de cuidados com a pele das mãos.

Quando pedidos para descrever sobre esta rotina, todas as respostas apontam para os cuidados quanto a hidratação da pele desta zona, além disso, alguns reforçam também a preocupação com o aquecimento das mãos. A tabela 3 apresenta algumas rotinas relatadas.

Tabela 3. Respostas dos participantes sobre a da rotina de cuidados com a pele das mãos.

Utilizo creme hidratante todos os dias e pomadas medicinais em períodos mais críticos
Tento manter os pés e as mãos sempre quentes. Hidrato-os também
Creme hidratante
Cremes no inverno, uso de luvas e coloco a mão perto de lugares quentes
Creme e proteção com luvas
Uso Dersane óleo
Hidratação e uso de luvas para aquecer
Uso óleo para hidratar
Creme da La Roche Posay
Creme hidratante
Uso creme de ureia duas vezes por dia para manter hidratada

Quanto as mudanças adotadas na rotina para a melhoria da qualidade de vida (figura 23), a maioria apontou “evitar exposição ao frio”. Conforme ressaltado por diversos autores, esta ainda é a medida preventiva mais eficaz para evitar os ataques, além do aquecimento com roupas e acessórios adequados ao tipo de exposição que irá submeter-se.

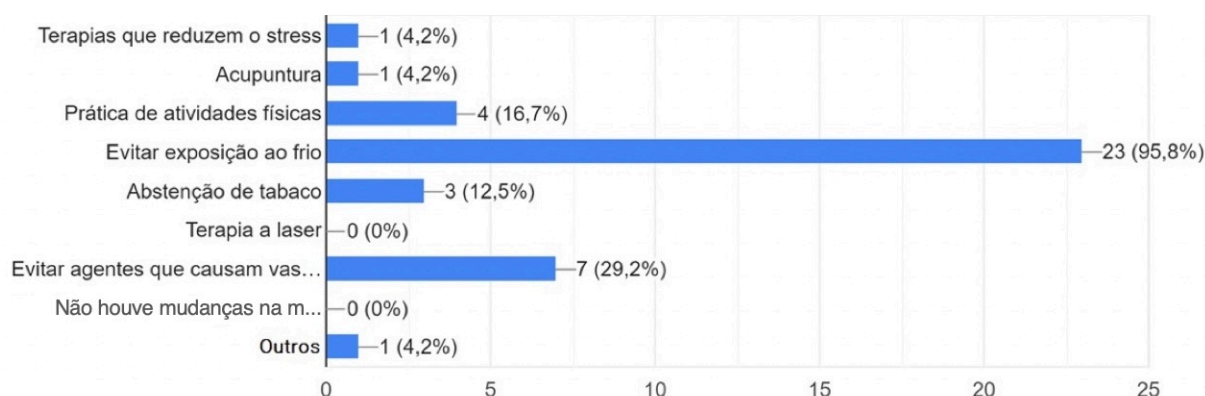


Figura 23. Mudanças na rotina para a melhoria da qualidade de vida.

Quando questionados se a patologia afeta o desempenho durante o desenvolvimento das atividades quotidianas (figura 24), a maioria (66,7%) respondeu “sim”, comprovando que a qualidade de vida sofre impactos em decorrência das limitações causadas pela enfermidade.

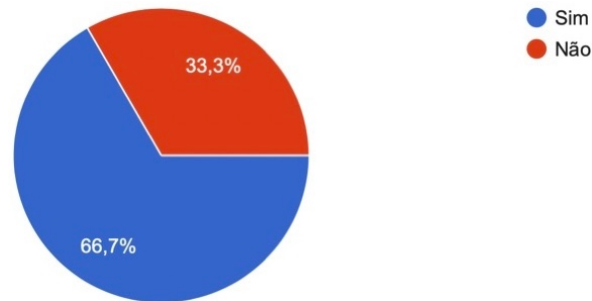


Figura 24. Influência do FR no desempenho diário.

Para os que afirmaram que a patologia afeta o desempenho durante a realização das atividades diárias, foi pedido para citar de que forma este problema afeta o dia-a-dia. Na tabela 4 podem ser conferidos alguns relatos dos participantes, onde demonstram que o FR apresenta impactos significativos em vários aspectos cotidianos.



Tabela 4. Relatos dos participantes sobre os impactos provocados pelo FR.

Escrever
Nos dias frios, nas atividades domésticas que necessitam manusear água. Nos locais que possuem ar condicionado. Em algumas seções dos supermercados (seção de frutas e verduras, de comidas refrigeradas e congeladas).
Como trabalho em programação informática por vezes por vezes torna-se complicado digitar no teclado.
No inverno é extremamente doloroso ir para alguns lugares, e isso inclui ir ao colégio e universidade, fora os sintomas das doenças secundárias.
Em crise tenho dificuldade de concentração e de me relacionar com as pessoas.
Teclar no computador, escrever.
Impossibilidade de pegar e segurar objetos durante o período crítico do fenômeno.
Falta de sensibilidade nos dedos.
É difícil escrever com lápis ou caneta porque me doem os dedos e não consigo segurar bem as coisas.
Trabalhar em locais com ar condicionado e uso excessivo do computador me causam úlceras digitais. O casaco apenas não impede as mãos de ficarem frias, usar luvas não resolve pois perderia o tato na digitação. Fico em conflito com colegas, pedindo que desliguem ou aumentem a temperatura do ar condicionado.
Limitações diversas
Uso as mãos para falar com os meus alunos que são surdos e também para vestir, abotoar, atar, etc.
Falta sensibilidade, que me provoca certos limites.
No meu emprego trabalho com água e estou no exterior em exposição ao frio.
Mexer com água no banho porque qualquer sensação de temperatura gelada a mão fica assim.

A respeito das opções de luvas disponíveis no mercado (figura 25); 83,3% responderam não encontrar luvas que promovam o aquecimento/proteção efetiva e que apazigue os danos causados na pele das mãos.

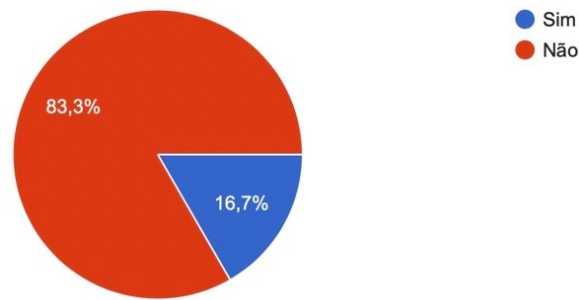


Figura 25. Oferta de produtos.

Sobre o tipo de luva utilizado (figura 26) para proteger e amenizar os problemas em decorrência de maior sensibilidade ao frio, as alternativas mais marcadas foram: lã (66,7%), algodão (54,2%) e pele (25%).

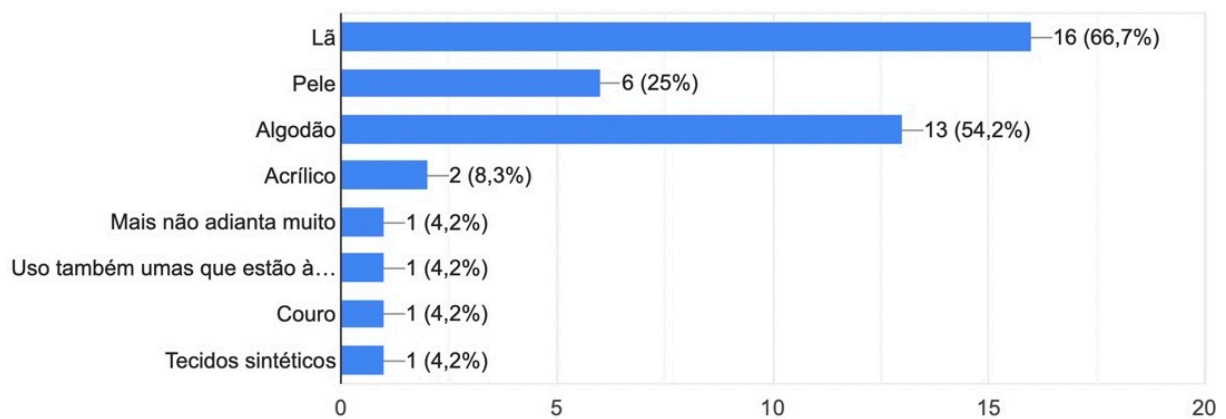


Figura 26. Luvas utilizadas.

A questão seguinte corresponde a uma pergunta aberta e não obrigatória, elaborada com o propósito de verificar se os entrevistados costumam utilizar mais de uma luva ao mesmo tempo para garantir um maior aquecimento. Caso utilizassem, deveriam mencionar quantas e quais luvas costumam colocar sobrepostas. A maioria respondeu “sim” quanto ao uso de luvas sobrepostas, porém, esta prática além de não fornecer o aquecimento efetivo, ainda interfere no desempenho manual dos indivíduos.

Diante das características de uma luva para aliviar os sintomas provocados pelo FR, foi elaborada uma lista, e pedido para atribuírem graus de importância (nada importante, pouco importante, importante, muito importante) às características listadas (figura 27). Entre as opções disponíveis, a maioria das respostas variou entre “muito importante” e “importante”.

As características listadas foram: regulação da temperatura, promover a hidratação da pele, auxiliar na melhoria da circulação sanguínea, maleabilidade do material, manutenção do produto, antialérgico, antibacteriano.

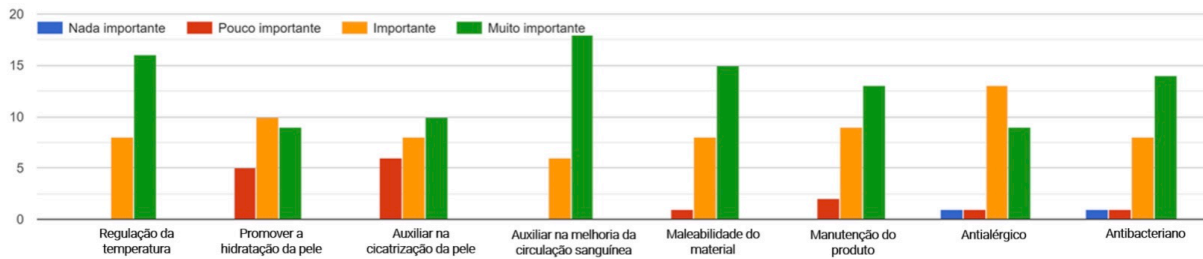


Figura 27. Grau de importância das características da luva.

Os inquiridos, em totalidade, responderam “sim” quando perguntados se consideram interessante o desenvolvimento de uma luva especial que promova o alívio dos sintomas provocados pelo FR.

Ao final do questionário foi deixado um espaço aberto e livre para sugestões/comentários a respeito do produto. A tabela 5 corresponde a algumas considerações dos participantes.

Tabela 5. Sugestões/comentários dos participantes sobre o produto.

Que as luvas tenham possibilidade de ser touch. Poder usar computadores touch e telemóveis sem ter que tirá-las.

Existem em alguns lugares algo chamado Hot Warm. Sempre quis que alguém inventasse um produto que pudesse ajudar isso.

Gostaria que houvesse uma luva que permitisse o uso do touch screen em celulares e que não comprometesse tanto o tato. Uma luva fina e eficaz contra o frio. Moro em uma cidade quente e seria bom utilizar no trabalho, restaurantes, cinema.

Em suma, a maioria dos entrevistados pertence ao gênero feminino, onde 2/3 estão entre os 18 e 40 anos. Quanto a localização geográfica, a maioria vive em países com climas frios, e exercem distintas atividades ocupacionais. A respeito da frequência em que o fenômeno se manifesta, a maioria relata que “durante todo o ano, porém, com maior intensidade no inverno”. Depois das mãos, a zona dos pés foi apontada como a mais atingida pelo FR. Sobre as mudanças notadas no aspecto das mãos, o aumento do ressecamento foi a mais relatada, onde todas as rotinas de cuidados descritas sobre esta área estão focadas na hidratação. Ficou claro que a patologia afeta o dia-a-dia desses indivíduos de várias formas, e “evitar exposição ao frio” é a medida preventiva mais utilizada. Quando questionados sobre os produtos disponíveis no mercado, 83,3% demonstram-se insatisfeitos, ao afirmar não encontrar luvas que proporcionem o aquecimento efetivo, onde a maioria afirma já haver recorrido ao uso de luvas sobrepostas; no entanto, além de não promover o resultado térmico esperado, esta alternativa compromete o conforto ergonômico e o desempenho manual.

Através do questionário foi possível realizar a caracterização dos entrevistados, confrontar os dados obtidos com os estudos realizados sobre a patologia e confirmar as especificidades do fenómeno que influenciam as características do produto. Também foi permitido entender como estas pessoas lidam com o FR e a maneira que o problema afeta a vida das mesmas, demonstrando que os aspectos relacionados à qualidade de vida merecem mais atenção ao desenvolver um produto para este público. Além disso, foi possível identificar e avaliar as alternativas de proteção recorridas de acordo com a disponibilidade de mercado, e perceber o que estas pessoas buscam neste tipo de produto.

### 3.3 Requisitos do produto

Os requisitos do produto foram estabelecidos partindo do estudo da patologia, da análise dos dados do questionário dirigido ao público, e da análise dos relatos dos grupos relacionados à enfermidade. Na tabela 6 podem ser vistos os requisitos identificados.

Tabela 6. Requisitos do produto. Fonte: elaborado pela autora.

REQUISITOS	PROPRIEDADES/DESEMPENHO
Funcionalidade	Regulação da temperatura; hidratação da pele; cicatrização da pele; circulação sanguínea
Conforto	Conforto termofisiológico, sensorial e hergonômico
Manutenção	Resistencia à lavagem; facilidade de higienização
Segurança	Antialérgico; antibacteriano
Durabilidade	Estabilidade dimensional; resistência ao pilling; resistência ao rasgo
Usabilidade	Garantir a manutenção da destreza

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste capítulo são apresentados os materiais, métodos e equipamentos utilizados no projeto, além das etapas que envolvem esta fase experimental. Os testes foram realizados no laboratório de física têxtil – investigação da Universidade do Minho.

### 4.1 Planeamento dos experimentos

O planeamento dos experimentos considerou diferentes variáveis a serem estudadas, como: o fio condutor elétrico a utilizar, a disposição desse material condutor no substrato têxtil, a matéria-prima de base da luva, e a caracterização das propriedades elétricas e térmicas do fio condutor ao longo do seu uso. Dessa forma, os testes foram realizados obedecendo 4 etapas, conforme pode ser visualizado na figura 28.

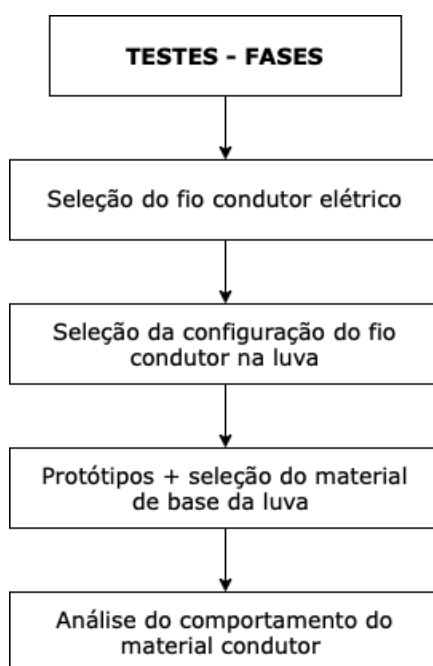


Figura 28. Fases dos experimentos. Fonte: desenvolvido pela autora.

As três primeiras etapas demonstradas na figura 28 corresponderam aos estudos dos materiais, onde os testes realizados tinham como propósito selecionar o fio condutor elétrico mais adequado ao produto, o arranjo desse elemento de aquecimento no interior da luva e a seleção da matéria-prima de base da luva através dos protótipos. A quarta e última etapa é direcionada a uma análise mais detalhada do comportamento do material condutor submetido a temperatura por passagem de corrente elétrica.

## 4.2 Materiais

Diante da definição do problema, da coleta e análise dos dados, e dos requisitos estabelecidos, foi proposto o desenvolvimento de uma luva, a partir de materiais com propriedades que contemplem os objetivos pretendidos, capaz de gerar calor por meio de um processo físico que pode ser acionado e interrompido pelo usuário. O processo de aquecimento é realizado através dos materiais têxteis utilizados, nomeadamente o fio de base para tricotar, e os fios têxteis condutores intrinsecamente elétricos.

Foram selecionados materiais têxteis com propriedades *far infrared* (FIR): malhas produzidas com o fio Emaná® (Rhodia); malha com propriedades antioxidantes, antibacterianas, antialérgicas e cicatrizantes: SeaCell®; e malha de algodão como referência.

Como elemento de aquecimento, foram utilizados fios elásticos revestidos de prata (Elitex E), fios de filamentos de poliamida revestidos de prata (Shieldex), fios de monofilamento de cobre, fios de mistura de poliéster/aço inoxidável (Bekinox), conforme apresentado na figura 29.

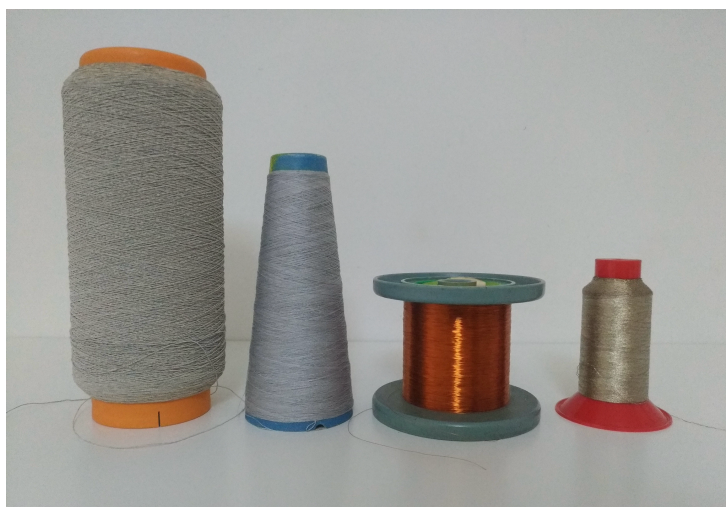


Figura 29. Fios condutores utilizados nos experimentos. Fonte: desenvolvido pela autora.

## 4.3 Métodos

Os testes térmicos realizados nos protótipos envolveram a aplicação de uma tensão elétrica constante com uma fonte de alimentação ao material condutor, a fim de determinar a corrente elétrica, a temperatura máxima atingida em um tempo específico, a velocidade para atingir a temperatura desejada, e o tempo que demanda para arrefecer. A temperatura foi determinada usando uma câmera IR da Testo e o tempo com um cronômetro, em um laboratório condicionado (figura 30). A seguir, encontra-se a descrição de cada fase correspondente aos experimentos desenvolvidos.



Figura 30. Recursos utilizados nos experimentos. Fonte: desenvolvido pela autora.

#### 4.3.1 Seleção do fio condutor elétrico

Esta primeira etapa teve como objetivo o estudo e seleção do material a ser utilizado como elemento de aquecimento. Diante dos fios condutores elétricos disponíveis, foram aplicados os primeiros testes a fim de realizar uma pré-seleção. Assim, foram selecionados os que obtiveram o melhor desempenho: fio elástico revestido de prata (Elitex E), fio de filamentos de poliamida revestidos de prata (Shieldex), fio de monofilamento de cobre, fio de mistura de poliéster/aço inoxidável (Bekinox).

Estes fios foram aplicados em uma forma simulando um dedo de uma luva, em uma base 100% algodão (figura 31) e submetidos aos testes para eleger o mais apropriado para incorporar ao produto, de acordo com o comportamento térmico dos mesmos.

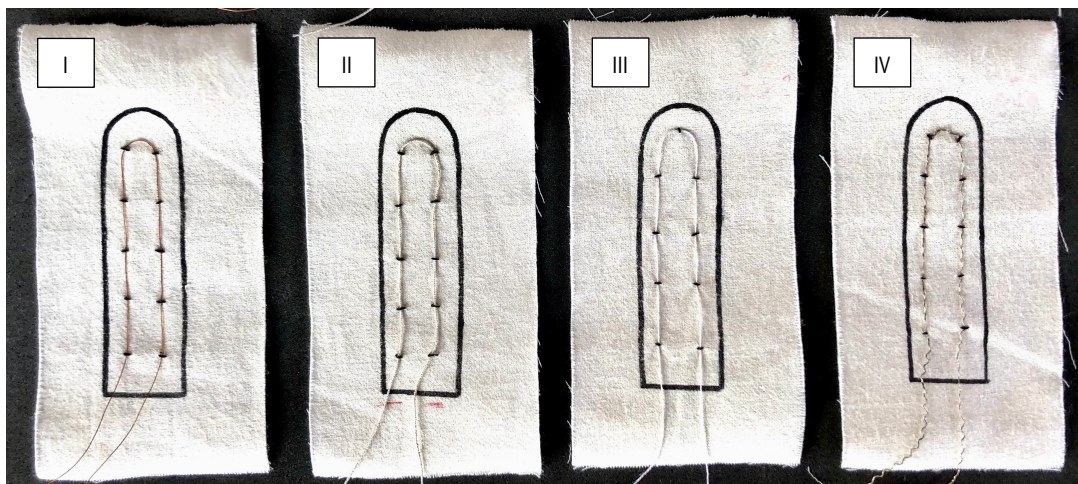


Figura 31. (I) fios de monofilamento de cobre; (II) fios elásticos revestidos de prata (Elitex E); (III) fios de filamentos de poliamida revestidos de prata (Shieldex); (IV) fios de mistura de poliéster/aço inoxidável (bekinox). Fonte: desenvolvido pela autora.

#### 4.3.2 Seleção da configuração do fio condutor na luva

A segunda fase dos experimentos teve como propósito definir a configuração do fio condutor na luva, ou seja, o arranjo do fio no interior do artigo, visando a melhor forma de promover a dissipação do calor e a viabilidade produtiva. Através do estudo das possibilidades, foram definidos três modelos (figura 32), onde o elemento de aquecimento selecionado na primeira fase foi aplicado e testado em cada um dos modelos.

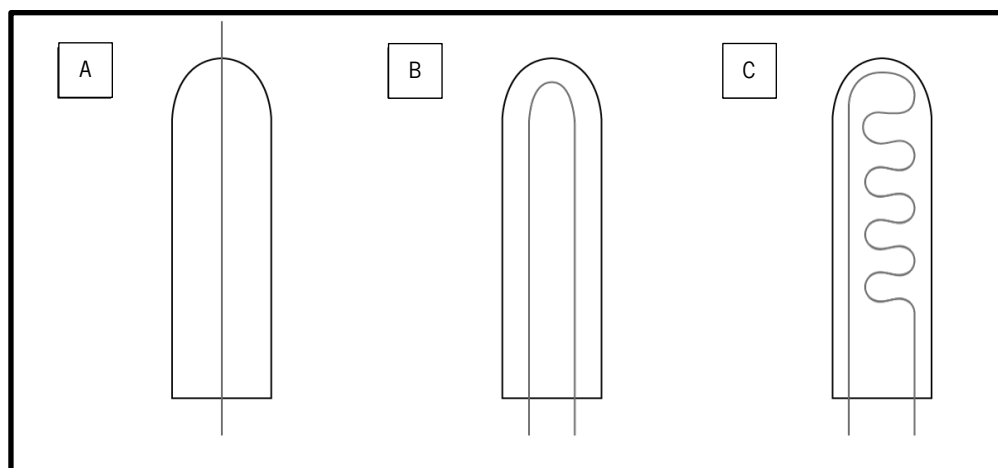


Figura 32. Configuração do fio condutor: (A) modelo 1; (B) modelo 2; (C) Modelo 3. Fonte: elaborado pela autora.

#### 4.3.3 Protótipos e seleção do material de base da luva

Momento dos testes dos protótipos (figura 33) para a escolha dos materiais têxteis (base) para o desenvolvimento das luvas. Foi desenvolvido um protótipo para cada malha têxtil selecionada, totalizando 4 protótipos: dois elaborados com malhas com propriedades FIR (duas malhas jerseys produzidas com o fio Emaná - uma leve e outra mais pesada), um elaborado com malha jersey SeaCell, e um com malha jersey de algodão como referência. O elemento de aquecimento foi introduzido seguindo o arranjo definido na segunda fase.

Os testes foram realizados utilizando uma tensão de 7.2V, 9.6V, e 12V, com intervalo de três minutos para cada repetição, onde foi verificada a corrente e temperatura alcançadas para estabelecer uma média, tendo como propósito a análise do desempenho térmico dos materiais.





Figura 33. Testes dos protótipos com malhas têxteis com propriedades FIR. Fonte: desenvolvido pela autora.

#### 4.3.4 Análise do comportamento do material condutor

A análise do comportamento do material condutor foi dividida em duas etapas, na primeira foram realizados testes para verificar a média de temperatura atingida pelo elemento de aquecimento (figura 34). Foram utilizadas amostras do fio com 30 centímetros de comprimento e aplicada uma pré-tensão máxima de 5gf. Os experimentos consistiam em empregar uma determinada tensão no fio (2V, 2,5V, 3V, 3,5V, 4V e 4,5V), obedecendo uma série de repetições para cada tensão que o mesmo foi submetido, dentro de um intervalo de 3 minutos, com objetivo de registrar a corrente e a média de temperatura alcançada nesse tempo.

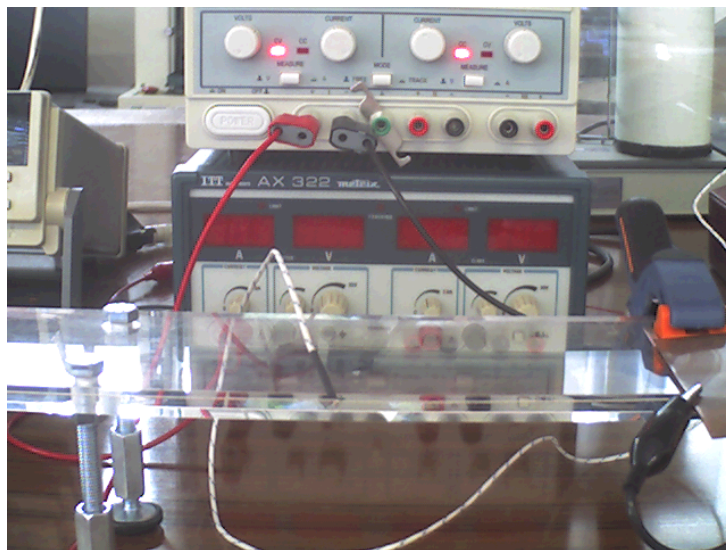


Figura 34. Testes: média de temperatura do elemento de aquecimento. Fonte: desenvolvido pela autora.

Já a segunda etapa corresponde a caracterização dos efeitos colaterais do elemento de aquecimento. Assim como no experimento anterior, foram utilizadas amostras do fio com 30 centímetros de comprimento, pré-tensão máxima aplicada de 5gf, com intervalo de 3 minutos para cada medição, seguindo as devidas repetições, conforme a tensão empregada é alterada.

A partir da tensão aplicada ao fio, foram registradas as correntes e temperaturas obtidas, bem como o comprimento do fio antes e depois de acionar a fonte de alimentação elétrica, com o objetivo de identificar a possibilidade de encolhimento e obter uma média de retração do fio, de acordo com as variáveis. Além disso, foram analisadas outras possibilidades de efeitos colaterais que o fio possa apresentar, como deformação (expandir), rompimento e queima.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Seleção do fio condutor elétrico

Diante dos testes aplicados, foi concluído que entre os elementos condutores testados o mais adequado é o fio elástico revestido de prata (Elitex E). Testes mostraram que esse fio permite atingir as temperaturas desejadas, apresentando a vantagem adicional de ser elástico, levando em consideração a deformação que a luva tricotada pode sofrer devido à sua manipulação. A figura 35 corresponde a imagem térmica do teste realizado com o fio Elitex E.

Os fios de filamentos de poliamida revestidos de prata (Shieldex), fios de mistura de poliéster/aço inoxidável (Bekinox) e os fios de monofilamento de cobre, apresentam a desvantagem da ausência de elasticidade. O fio de cobre, ao não possuir memória, mantém a deformação e pode romper-se diante dos danos provocadas pelo uso. Enquanto que o Shieldex e o Bekinox não demonstraram o desempenho térmico esperado, ao necessitar aplicar tensões elétricas muito mais elevadas para poder realizar sua função térmica.

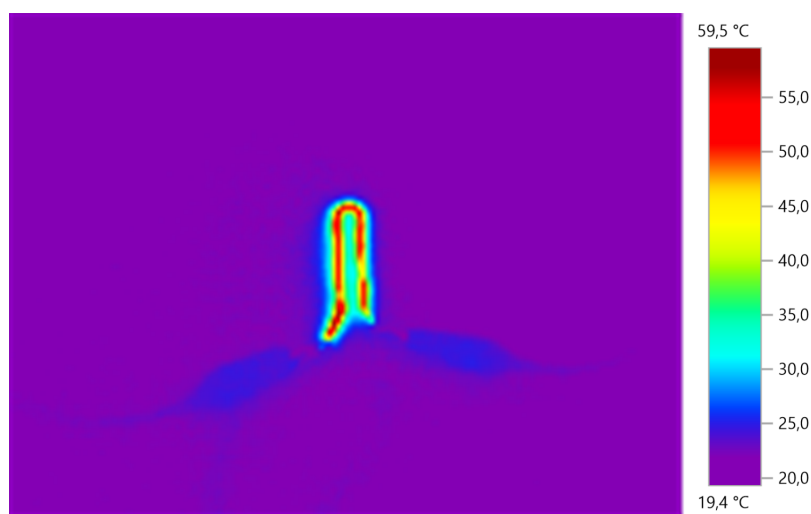


Figura 35. Imagem térmica do modelo 2. As áreas vermelhas representam uma temperatura acima de 50°C. Fonte: Desenvolvido pela autora.

### 5.2 Seleção da configuração do fio condutor na luva

Para a realização dos testes, os fios condutores foram inseridos a partir de pequenos pontos costurados ao longo da peça (figura 36), porém, isto influenciou na forma de distribuição do calor em algumas partes onde apresentam esses pontos de costura, percebido através das imagens térmicas. A

forma de incorporação do fio condutor à base têxtil, seguindo o arranjo determinado, ainda sugere investigações quanto as alternativas tecnológicas disponíveis mais viáveis para a produção.

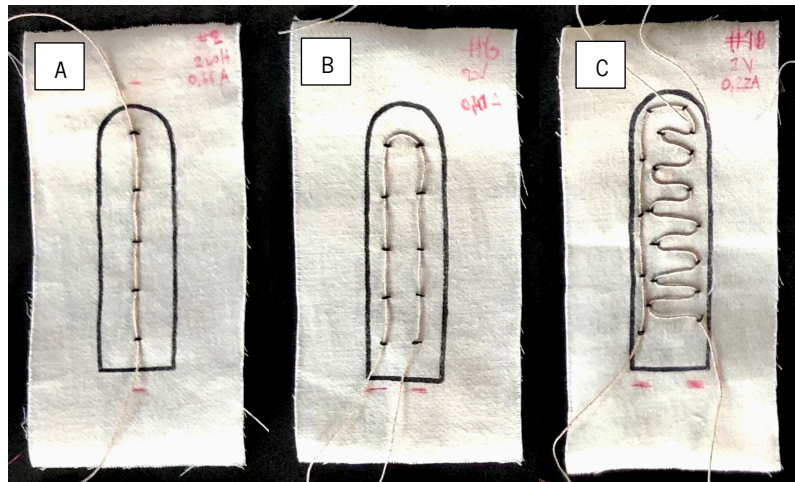


Figura 36. Seleção da configuração do fio condutor: (A) Modelo 1; (B) modelo 2; (C) Modelo 3.

Na figura 37 podem ser vistas as imagens térmicas dos testes aplicados com o objetivo de selecionar o arranjo do fio condutor. Os resultados podem sofrer uma variação de acordo com a tensão aplicada e a quantidade de fio utilizado. Na Imagem A (modelo 1), a escala de temperatura varia entre 25,6°C (roxo) e 73,7°C (vinho); na imagem B (modelo 2), varia entre 25,5°C (azul) e 43°C (vermelho); e na imagem C (modelo 3) varia entre 25,2°C (azul) e 39,8°C (vermelho).

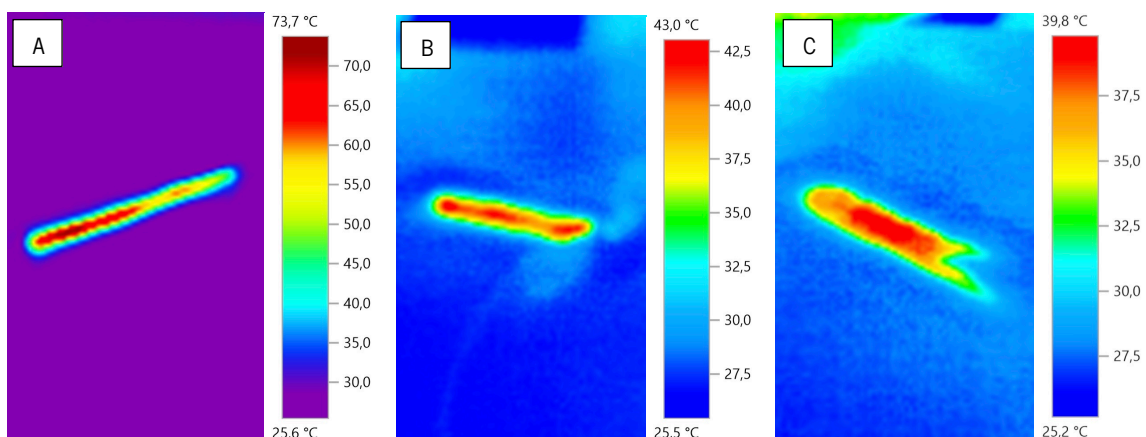


Figura 37. Imagens térmicas – testes para a seleção do arranjo do fio condutor: (A) modelo 1; (B) modelo 2; (C) modelo 3.

O modelo 2 obteve o melhor desempenho (figura 36), distribuindo o calor de maneira mais uniforme em relação ao modelo 1, e aproximado do modelo 3, onde o fio condutor possui maior área de cobertura dos dedos. Quando comparado ao modelo 3 em outros aspectos, apresenta a vantagem de maior viabilidade produtiva, devido a forma mais simplificada de disposição dos elementos de aquecimento, além da redução de custos, em razão da demanda de fios condutores ser inferior. Ao

utilizar mais fio, a resistência elétrica do produto também aumenta, elevando o consumo de energia da bateria do mesmo.

### 5.3 Protótipos e seleção do material de base da luva

O comportamento térmico dos materiais, com exceção da malha de algodão utilizada como referência, apresentaram um desempenho similar (figura 38). Os resultados neste gráfico mostram que os protótipos desenvolvidos com malhas com fio Emana (FIR) e SeaCell atingiram temperaturas compatíveis nas mesmas condições entre um e outro. Dessa forma, o critério para a seleção da base da luva se deu de acordo com as propriedades dos materiais, respeitando os requisitos.

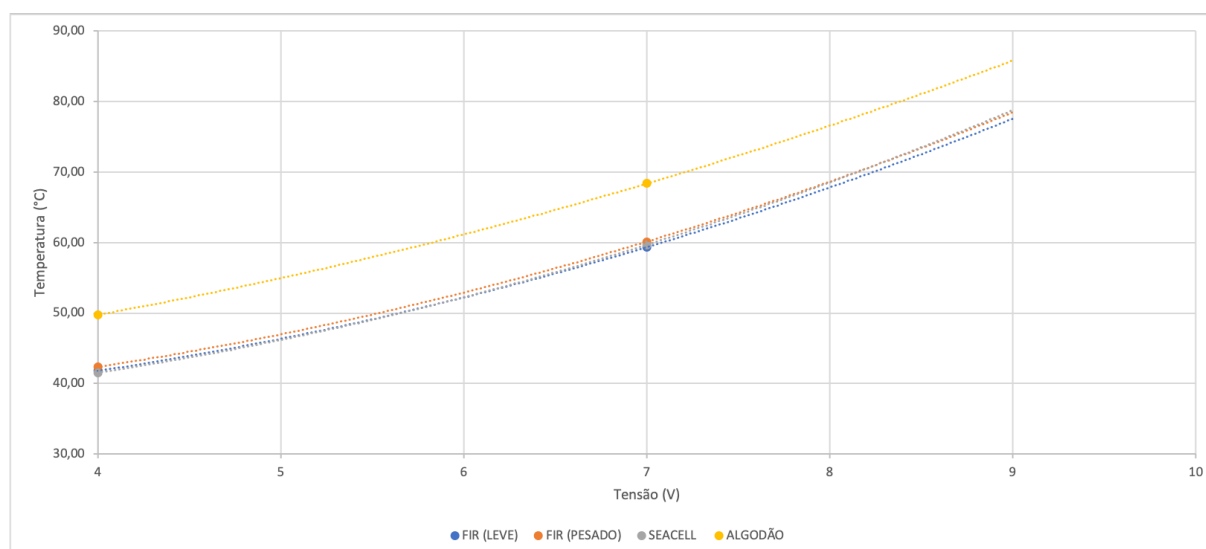


Figura 38. Teste dos protótipos: escolha do material base. Tensão – temperatura (média). Fonte: desenvolvido pela autora.

Entre os têxteis investigados, o SeaCell é o que melhor corresponde as especificidades da patologia, em razão dos benefícios que esse material proporciona à pele, através de suas propriedades antioxidantes, antibacterianas, antialérgicas e cicatrizantes. Além disso, foi demonstrado (figura 39) que o SeaCell utilizou menos corrente elétrica para gerar a mesma temperatura, oferecendo mais segurança ao usuário. Ao empregar tensões mais baixas, diminui o risco do fio danificar-se com o efeito do calor; porém, a desvantagem é que pode demandar mais tempo para aquecer.

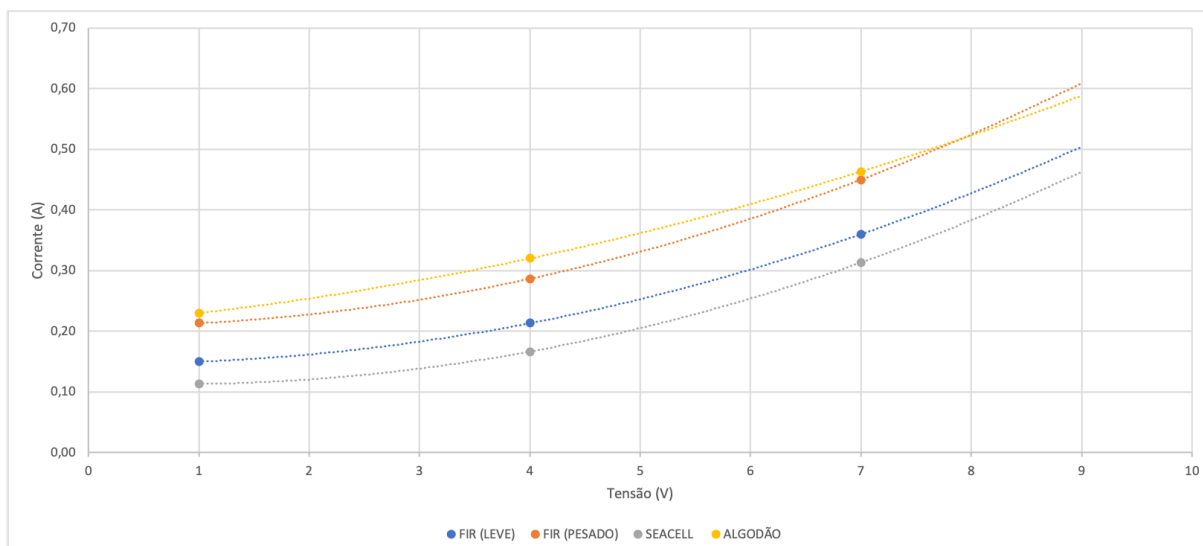


Figura 39. Teste dos protótipos: escolha do material base. Tensão – corrente (média). Fonte: desenvolvido pela autora.

Estudos (ver capítulo 2, secção 2.5.1) indicam que têxteis com propriedade FIR oferecem benefícios à saúde e bem-estar, sendo capazes de auxiliar na melhoria da circulação sanguínea. Ao apresentar alta emissividade na faixa do infravermelho, podem promover um tratamento localizado de patologias como o FR. Apesar das vantagens apontadas sobre os têxteis FIR, a fibra SeaCell conseguiu cumprir com um maior número de requisitos que haviam sido estabelecidos para o produto; porém, é reconhecida a importância da realização de experimentos direcionados ao grau de melhoria da circulação sanguínea em pessoas acometidas pelo FR com o uso da luva com estas propriedades FIR incorporadas.

A figura 40 corresponde a imagem térmica obtida por um protótipo com propriedades FIR, onde pode ser percebida a interferência dos pontos de costura utilizados para fixar o fio condutor na peça, influenciando na forma de distribuição de calor ao longo do fio. Este fator pode ser devido a pressão provocada pela costura, como também pela presença desse material não condutor acima do elemento de aquecimento, visto que a câmera térmica apenas consegue medir a temperatura da superfície do fio. Desenvolver uma luva com os fios condutores já inseridos pode alterar estas conclusões alcançadas.

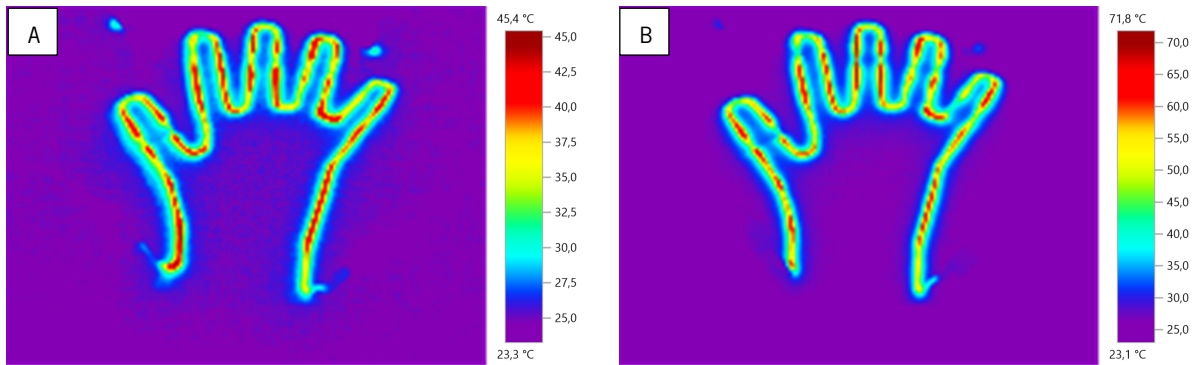


Figura 40. Protótipo – malha com propriedades FIR. (A) As áreas vermelhas representam uma temperatura acima de 40°C; (B) as áreas vermelhas representam uma temperatura acima de 60°C. Fonte: desenvolvido pela autora.

#### 5.4 Análise do comportamento do material condutor

Foi observado que à medida que se aumenta a tensão aplicada ao fio, a temperatura aumenta em média 20°C. A temperatura e a corrente apresentaram um crescimento linear, conforme pode ser visualizado na figura 41. Para o comprimento utilizado, variando a tensão de 2 a 4,5V, consegue-se atingir um valor de acima dos 80°C. Os 50°C são atingidos antes dos 3V, onde a corrente corresponde aproximadamente a 0,5A.

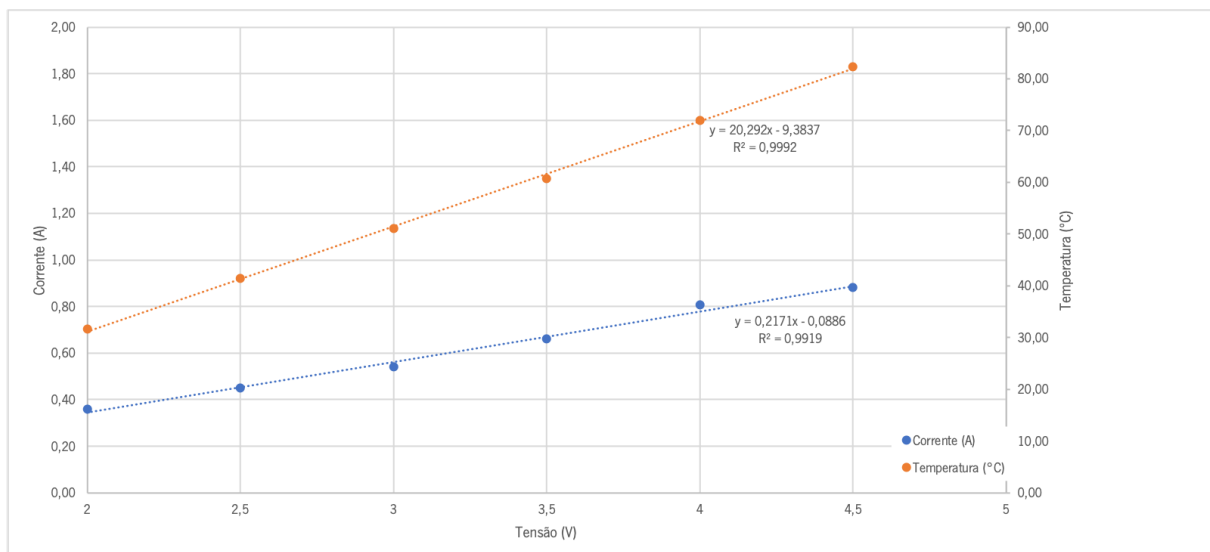


Figura 41. Teste – média de temperatura do fio selecionado (Elitex E). Valores médios para tensão, corrente e temperatura. Fonte: desenvolvido pela autora.

Para um material condutor como metal, à medida que a temperatura aumenta, a condutividade diminui, devido a elevação da vibração dos átomos, o que conduz a um aumento de colisões entre elétrons e átomos, reduzindo a mobilidade dos elétrons. Neste caso, o fio Elitex E é constituído por elastano recoberto a filamentos de poliamida revestidos com uma nano camada de prata. Assim, será esperado um comportamento com algumas diferenças. Observou-se um encolhimento do fio com a passagem da corrente elétrica.

Foi concluído que a retração apresentada pelo elemento de aquecimento foi diretamente proporcional a tensão utilizada. O fio sofreu um encolhimento conforme o aumento da tensão (figura 42). Neste caso seria expectável o aumento da resistência linear, calculada a partir da resistividade, no entanto, observa-se um comportamento não linear. Este poderá ser explicado pela forma e composição do fio têxtil condutor.

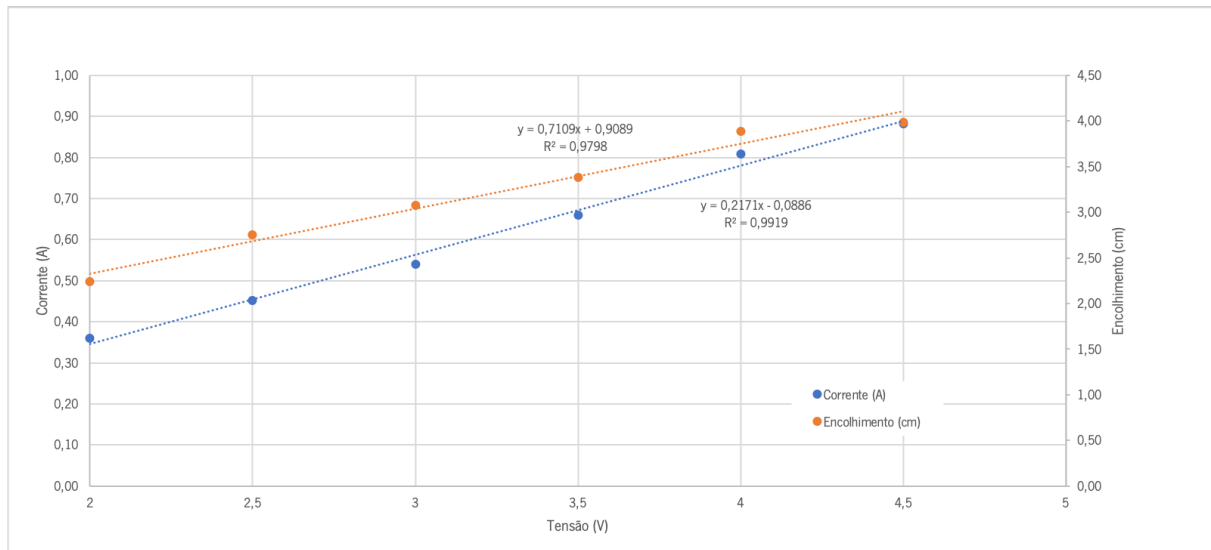


Figura 42. Teste – Caracterização dos efeitos colaterais do elemento de aquecimento (Elitex E). Valores médios para tensão, corrente e encolhimento. Fonte: desenvolvido pela autora.

O elastano começa a danificar-se e perder a sua elasticidade em temperaturas acima dos 140°C, enquanto que a poliamida começa a degradar-se a partir dos 200°C e um dos efeitos físicos é o encolhimento. Este efeito de encolhimento observado será provavelmente devido aos filamentos de poliamida; em consequência, o fio condutor elétrico deixa de manter as propriedades elásticas conferidas pelo elastano. Por outro lado, esta observação permite também levantar a hipótese de, apesar da temperatura exterior do fio, medida pela câmara térmica indicar os valores representados no gráfico, a temperatura dos polímeros deverá ser significativamente mais elevada, a ponto de alterar as suas características físicas.

O comportamento não linear do encolhimento pode estar associado ao facto dos polímeros estarem a atingir outros estágios de alteração por degradação. Mesmo com uma tensão de 2V, observa-se um encolhimento do fio. Ou seja, este fio irá sofrer sempre uma deterioração das propriedades mecânicas por estar sujeito a temperaturas demasiado elevadas.

Apesar do Elitex E demonstrar características superiores entre os fios condutores testados, os efeitos colaterais apresentados pelo material foram preocupantes. Dessa forma, a falta de estabilidade



dimensional demonstrada durante o processo de aquecimento do material o torna desfavorável para este tipo de artigo, visto que as deformações sofridas afetaram de forma permanente o comprimento do fio.

## 6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

### 6.1 Conclusões

O estudo aprofundado da patologia foi imprescindível para conduzir este trabalho, levando a investigações acerca dos fatores que envolvem o problema, a construção do inquérito dirigido ao público, e a definição dos requisitos necessários para o desenvolvimento do produto proposto. O estudo permitiu identificar os materiais fibrosos que se mostram mais adequados para o desenvolvimento de uma solução, possuindo propriedades têxteis que alcance os requisitos estabelecidos, respeitando as particularidades da patologia e necessidades dos usuários.

Quanto a prevalência do FR, as variações encontradas associadas a localização geográfica são influenciadas pelo clima das regiões. Os dados analisados comprovam que os ataques ocorrem com maior frequência e intensidade durante os meses de inverno. Dos relatos obtidos durante o estudo demonstram que pessoas que apresentam a patologia e estão sujeitas a certas situações, como o trabalho em locais fechados e artificialmente climatizados, os ataques podem ocorrer diariamente, ainda que em alguns casos possam ser menos intensos que os experimentados ao ar livre no inverno. Indivíduos que trabalham nestas condições, descrevem as dificuldades em manter o desempenho das tarefas devido a redução na destreza manual provocada pela temperatura do ambiente. O uso de luvas foi considerado um empecilho para as tarefas que exigem precisão, visto que, assim como a temperatura fria, as luvas também comprometem o desempenho manual. Dessa forma, a manutenção da destreza pode ser definida como um dos principais requisitos do produto.

Além do ambiente laboral, em algumas atividades cotidianas e de lazer, onde a precisão manual é essencial, são comuns os relatos pertinentes às luvas e o comprometimento da performance manual. Simples ações como utilizar aparelhos eletrônicos, fotografar, escrever e manejar pequenos objetos resultam muito difíceis ou impossíveis de realizar com as luvas. A solução adequada para estas situações requer materiais leves e maleáveis, porém, que garantam a proteção térmica efetiva e ajuste apropriado. Além disso, dispositivos acoplados às luvas que promovam um aquecimento auxiliar são úteis para fornecer um rápido aquecimento, sempre que necessário, podendo prevenir e/ou atenuar a intensidade dos ataques.

O fator hidratação também foi identificado como um importante requisito a ser cumprido. Conforme o inquérito dirigido ao público, o aumento do ressecamento da pele das mãos foi a alternativa mais assinalada quando perguntados sobre as mudanças ao longo do tempo no aspecto das mãos.

Sobre a rotina de cuidados especiais com a pele das mãos, todas as respostas coincidem quanto aos cuidados associados à hidratação nesta área.

Evitar a exposição ao frio ainda é a medida mais indicada para prevenir os ataques do FR. Dessa forma, é importante manter o corpo aquecido e utilizar um vestuário adequado ao tipo de exposição enfrentada. A análise de dados do inquérito dirigido ao público confirmou a necessidade identificada de um produto especial para a proteção das mãos adaptado as necessidades e limitações desses indivíduos. Assim, quando perguntados acerca das opções de luvas disponíveis no mercado, 83,3% descreveram não encontrar luvas que promovam o aquecimento/proteção efetiva e que apazigue os danos causados na pele das mãos. Enquanto questionados se consideram interessante o desenvolvimento de uma luva especial que promova o alívio dos sintomas provocados pelo FR, 100% responderam “sim”. Os dados de incidência da patologia e os impactos na qualidade de vida ainda reforçam a relevância do produto proposto neste projeto.

As algas marinhas, devido as substâncias bioativas que produzem, e através dos seus reconhecidos benefícios para a pele e o organismo, se mostraram um importante composto para o produto idealizado neste projeto. As propriedades encontradas neste elemento marinho possuem ação anti-inflamatória, antimicrobiana, antioxidante, e ainda são capazes de estimular a renovação celular e melhorar o sistema imunológico da pele, entre outros benefícios. Incorporar essas propriedades de cuidados a um produto têxtil que vai estar em contato direto com a pele foi um dos motivos que levou a escolha da fibra SeaCell, composta por celulose e algas marinhas.

Os resultados dos experimentos demonstraram que com exceção da malha de algodão, as malhas SeaCell e com propriedades FIR (Emana) alcançaram temperaturas aproximadas nas mesmas condições em que os protótipos foram submetidos; entretanto, o SeaCell utilizou menos corrente elétrica para fornecer a mesma temperatura, obtendo a vantagem de proporcionar mais segurança ao usuário. Além desses aspectos mencionados, esta fibra foi capaz de atingir o maior número de requisitos entre os materiais testados.

Os problemas diagnosticados durante o processo experimental sugerem mais investigações quanto ao elemento de aquecimento. Foi concluído que, apesar das vantagens apresentadas pelo Elitex E em relação aos outros fios condutores, os efeitos colaterais identificados durante os testes demonstram a desvantagem de sofrer alterações permanentes nas suas dimensões.

Para solucionar os problemas identificados no processo experimental é necessário repetir a terceira, quarta e quinta etapa (seleção de materiais e tecnologias – experimentação – modelo) da metodologia de Munari (2008) adaptada ao projeto do produto. Essa metodologia permite sistematizar e gerir os processos que envolvem o desenvolvimento do produto de forma flexível, possibilitando retornar e repetir alguma etapa sempre que surgirem obstáculos.

## 6.2 Perspectivas futuras

Conforme foi apresentado neste estudo, o FR é considerado uma desordem relativamente comum, onde as consequências das manifestações clínicas podem interferir em vários aspectos e, em diferentes graus, no desempenho diário dos indivíduos, resultando em um impacto significativo na qualidade de vida. Como as limitações variam de acordo com a origem da patologia, onde pessoas com enfermidade subjacentes estão mais propensas a apresentar quadros incapacitantes, foi observado a necessidade de buscar uma solução futura que atenda também aqueles que possuem algum obstáculo quanto ao uso das luvas, como esclerodactila, curativos e a ausência de algum dígito devido a complicações causadas pelas UDs.

Não se observou diferenças significativas quanto ao desempenho térmico entre os materiais FIR e Seacell, porém, foi identificada a importância de investigações correspondentes a adição de propriedades FIR ao material base do produto, objetivando medir o grau de melhoria da circulação sanguínea com o uso da luva com essas propriedades incorporadas. De acordo com Tao et al. (2018) e Bontemps et al. (2021) investigar a interação entre os formatos das fibras e o desempenho do FIR é uma maneira de produzir têxteis FIR altamente eficazes. Materiais que emitem FIR podem funcionar como uma alternativa de viabilizar resultados biológicos específicos para o corpo humano.

Conforme mencionado, o fio Elitex E possui características adequadas a aplicação proposta, porém, sofre uma degradação das suas propriedades mecânicas com exposição a corrente elétrica. Dessa forma, se faz necessário o estudo de novas possibilidades de fios condutores e de tecnologias que viabilizem a integração deste elemento de aquecimento, de acordo com o arranjo determinado.

Para cumprir com os objetivos pretendidos e obter os melhores resultados, é importante a interação com os usuários durante os processos que correspondem ao desenvolvimento do produto. Além disso, ao projetar um produto que envolve diferentes áreas, é relevante uma colaboração multidisciplinar. Para este projeto especificamente, uma equipe abrangendo a área médica, têxtil e química pode representar uma contribuição significativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeyssekera, J. D. A; Bergquist, K. (1996). "The need for research on human factors regarding personal protective devices in the cold environment." In Performance of protective clothing. Fifth volume, ASTM STP 1237. James S. J; Mansdorf S. Z. Eds. American Society for Testing and Materials.
- Baribina, N; Baltina, I; Oks, A. (2018). Application of Additional Coating for Conductive Yarns Protection against Washing. *Key Engineering Materials*. 762. 396-401.
- Bartels, V. T. (2006). "Physiological comfort of biofunctional textiles". In Biofunctional textiles and the skin. *Current Problems in Dermatology*. Hipler U-C; Elsner P. vol 33.
- Beker, BM; Cervellera, C; De Vito, A; Musso, CG. (2018) Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *International Archives of Clinical Physiology*. 1:001
- Baweja,P; Kumar, S; Sahoo, D; Levine, I. (2016). "Biology of seaweeds." In Seaweed in Health and Disease Prevention. Fleurence, J; Levine, I. Academic Press. 7-40.
- Bontemps, B; Gruet, M; Vercruyssen, F; Louis, J. (2021). Utilisation of far infrared-emitting garments for optimising performance and recovery in sport: real potential or new fad? A systematic review. *PLoS ONE* 16(5): e0251282.
- Bougourd, J; McCann J. (2009). "Factors affecting the design of cold weather performance clothing". In Textile for cold weather apparel. Williams J.T. Woodhead Publishing Limited: Number 93. Cambridge, UK.
- Brandão, Luísa. (2012). Será a microcirculação digital no Fenómeno de Reynaud afetada pelo Qigong? Dissertação de Mestrado em Medicina Tradicional Chinesa, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto.
- Broadhead, R; Craeye, L; Callewaert, C. (2021). The Future of Functional Clothing for an Improved Skin and Textile Microbiome Relationship. *Microorganisms*. 9(6), 1192.
- Buhu, L; Negru, D; Loghin, C; Buhu, A. (2019). Analysis of tensile properties for conductive textile yarn. *Industria Textila*. 70. 116-119.
- Cotas, J; Leandro, A; Pacheco, D; Gonçalves, A; Pereira, L. (2020). A Comprehensive Review of the Nutraceutical and Therapeutic Applications of Red Seaweeds (Rhodophyta). *Life* (Basel, Switzerland). 10(3), 19.
- Criollo, Jairo; Arroyave, Daniel. (2014). Fenómeno de Raynaud. *Rev. Fac. Med.* 62(3): 455-464. Colombia.
- Daniels, J; Pauling, J. D; Eccleston, C. (2018). Behaviour change interventions for the management of Raynaud's phenomenon: a systematic literature review. *BMJ Open*. 8: e024528.

- Delaney, A; Frangoudes, K; li, S-A. (2016). "Society and Seaweed: Understanding the Past and Present." In *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Fleurence, J; Levine, I. Academic Press. 7-40.
- Dolez, P. I; Vu-khanh, T. (2009). "Gloves for protection from cold weather". In *Textile for cold weather apparel*. Williams J.T. Woodhead Publishing Limited: Number 93. Cambridge, UK.
- Dyer, J. (2011). "Infrared functional textiles." In *Functional Textiles for Improved Performance, Protection and Health*. 184-197. Pan, N; Sun, G. Woodhead Publishing Series in Textiles.
- Fabián, B; Csiki, Z; Bugán, A. (2018). Quality of life of patients with Raynaud's disease. *Orv Hetil.* 159(16):636-641.
- Faerevik, H; Wiggen, Ø. (2014). Clothing and protection in arctic environments. *Ambience 14 & 10i3m*. Tampere, Finland.
- Fardoun, M. M; Nassif, J; Issa, K; Baydoun, E; Eid, A. H. (2016). Raynaud's phenomenon: a brief review of the underlying mechanisms. *Frontiers in pharmacology*, 7, 438.
- Fluhr, J. W; Breternitz, M; Kowatzki, D; Bauer, A; Bossert, J; Elsner, P; Hipler, U. C. (2009). 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. *Experimental Dermatology*. 19: e9-e15.
- Fonseca, J. J. S. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC.
- Geng, Qiuqing; Chen, Fang; Holmér, Ingvar. 1997. The effect of protective gloves on manual dexterity in the cold environments. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 3:1-2, 15-29.
- Ghiglione, Rodolphe; Matalon, Benjamin. (2001). *O Inquérito: teoria e prática*. 4ª ed. Celta, Oeiras.
- Gil, Antonio Carlos. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4 ed. Atlas, São Paulo.
- Gil, Antonio Carlos. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6 ed. Atlas, São Paulo.
- Gupta, Deepti. (2011). Functional clothing - definition and classification. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. 36. 321-326.
- Hardouin, K; Bedoux, G; Burlot, A-S; Nyvall-Collén, P; Bourgougnon, N. (2014). "Enzymatic Recovery of Metabolites from Seaweeds: Potential Applications." In *Advances in Botanical Research*. Bourgougnon, N. Academic Press. Vol 71, 279-320.
- Hassi, Juhani; Rytkönen, Mika; Kotaniemi, Jyrki; Rintamäki, Hannu. (2005). Impacts of cold climate on human heat balance, performance and health in circumpolar areas. *International Journal of Circumpolar Health*, 64:5, 459-467.
- Herrick A. L. (2017). Evidence-based management of Raynaud's phenomenon. *Therapeutic advances in musculoskeletal disease*; 9(12):317–329.

Hipler, U-C; Elsner, P; Fluhr, J.W. (2006). "A new silver-loaded cellulosic fiber with antifungal and antibacterial properties". In *Biofunctional textiles and the skin. Current Problems in Dermatology*. Hipler U-C; Elsner P. vol 33.

Hipler, U-C; Wiegand, C. (2011). "Biofunctional textiles based on cellulose and their approaches for therapy and prevention of atopic eczema". In *Handbook of medical textiles*. Bartels V. T. Woodhead Publishing Limited: Number 100. Cambridge, UK.

Hirschl, M; Katzenschlager, R; Francesconi, C; Kundi, M. (2004). Low level laser therapy in primary raynaud´s phenomenon-results of a placebo controlled, double blind intervention study. *J. Rheumatol*; 31(12): 2408-2412.

International Organization for Standardization. (2020). *Textiles and textile products – Smart (Intelligent) textiles— Definitions, categorisation, applications and standardization needs*. ISO 23383.

Irzmańska, Emilia; Wójcik, Paulina; Włodarczyk, Agnieszka Adamus. (2018). Manual work in cold environments and its impact on selection of materials for protective gloves based on workplace observations. *Applied ergonomics* 68, 186-196.

Iserson, Kenneth V. 2016. Glove and mitten protection in extreme cold weather: an antarctic study. *International Journal of Circumpolar Health*, 75:1.

Ismar, Ezgi; Tao, Xuyuan; Rault, François; Dassonville, Francois; Cochrane, Cidric. (2020). Towards embroidered circuit board from conductive yarns for e-textiles. *IEEE Access*. Vol. 8. 155329-155336.

Jin, Z; Chen, J; Jin, J; Zhu, L; Zhao, M; Wang, Y. (2021). Knitting parameters effect of coffee carbon polyamide and graphene polyamide far-infrared knits on human skin microcirculation. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*.

Kayser, C. (2014). Esclerose sistêmica e o fenômeno de Raynaud Manejo terapêutico. *JBM*; 102(6): 17-22.

Kayser, C; Corrêa, M.; Andrade, L. (2009). Fenômeno de Raynaud. *Revista Brasileira de Reumatologia*; 49(1):48-63.

Kiekens, Paul; Burght, Els; Kny, Erich; Uyar, Tamer; Milasius, Rimvydas. (2014). *Functional Textiles – From Research and Development to Innovations and Industrial Uptake*. *Autex Research Journal*, Vol. 14, N° 4. 219-225.

Köche, José Carlos. (1997). *Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa*. Vozes, Petrópolis, RJ.

Kubilienė, Diana; Sankauskaitė, Audronė; Abraitienė, Aušra; Krauledas, Sigita; Barauskas, Rimantas. (2016). Investigation of thermal properties of ceramic-containing knitted textile materials. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 24. 63-66.

Kurylczyn-Moskal, A; Kita, J; Hryniewicz, A. (2015). Raynaud's phenomenon: new aspects of pathogenesis and the role of nailfold videocapillaroscopy. *Reumatologia* 53(2): 87-93.

Lai, Dayi; Zhou, Xiaojie; Chen, Qingyan. (2017). Measurements and predictions of the skin temperature of human subjects on outdoor environment. *Energy and Buildings*. 151, 476–486.

Landry, G. J. (2013). Current medical and surgical management of Raynaud´s syndrome. *J. Vasc. Surg.* 57(6): 1710-1716.

Lis Arias, M.J.; Coderch, L.; Martí, M.; Alonso, C.; García Carmona, O.; García Carmona, C.; Maesta, F. (2018). Vehiculation of active principles as a way to create smart and biofunctional textiles. *Materials*, 11: 2152.

Liu, S. (2011). “Bio-functional textiles”. In *Handbook of medical textiles*. Bartels V. T. Woodhead Publishing Limited: Number 100. Cambridge, UK.

Marconi, M. A; Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. 5ª ed. Atlas, São Paulo.

Marconi, M. A; Lakatos, E. M. (2006). *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. 6ª ed, 7ª reimpr. Atlas, São Paulo.

Marconi, M. A; Lakatos, E. M. (2006). *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. 6ª ed. Atlas, São Paulo.

Marques, Marta. (2011). *Esclerose cutânea e sistêmica*. Mestrado Integrado em Medicina, Faculdade de medicina, Universidade de Coimbra.

Massella, D; Argenziano, M; Ferri, A., Guan, J; Giraud, S; Cavalli, R; Barresi, A. A; Salaün, F. (2019). Bio-functional textiles: combining pharmaceutical nanocarriers with fibrous materials for innovative dermatological therapies. *Pharmaceutics*, 11(8), 403.

Maundrell, A; Proudman, S.M. (2015). “Epidemiology of Raynaud’s phenomenon”. In: *Raynaud’s phenomenon: a guide to pathogenesis and treatment*. Wigley, FM, Herrick, AL, Flavahan, N.A (eds). New York: Springer.

Mey, G.D; Ozcelik, M.M; Schwarz, A; Kazani, I; Hertleer, C; Langenhove, L.V; Gürsoy, N.Ç. (2014). Designing of conductive yarn knitted thermal comfortable shirt using battery operated heating system. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 24, 26-29.

Munari, B. (2008). *Das coisas nascem coisas*. 2ª ed. Martins Fontes, São Paulo.

Osilla, EV; Marsidi, JL; Sharma, S. (2020). *Physiology, Temperature Regulation*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Consultado em 29 de outubro de 2020, Disponível em: [www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507838](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507838)

Papacharalambous, Michael; Karvounis, Georgia; Kenanakis, George; Gupta, Anshal; Rubinsky, Boris. (2018). The effect of textiles Impregnated with Particles with high emissivity in the far infrared, on the temperature of the cold hand. *Journal of biomechanical engineering*. Vol. 141.



Pauling, J.D; Saketkoo, L. A; Matucci-Cerinic M; Ingegnoli F; Khanna D. (2019) The patient experience of Raynaud's phenomenon in systemic sclerosis. *Rheumatology (Oxford)*. 58:18-26.

Peralta, M; Benevides, J; Villacís, N; Moreira, G. (2016). Síndrome de Raynaud. Tratamiento médico y quirúrgico. *Revista cubana de reumatología, Órgano oficial de la Sociedad Cubana de Reumatología y el Grupo Nacional de Reumatología*; 18(3): 262-267.

Petrulyte, S; Petrulis, D. (2011). "Modern textiles and biomaterials for healthcare". In *Handbook of medical textiles*. Bartels V. T. Woodhead Publishing Limited: Number 100. Cambridge, UK.

Pezzolo, Dinah Bueno. (2019). *Tecidos – História, trama, tipos e usos*. 5ª ed. Senac São Paulo, São Paulo.

Pradanov, Cleber Criatiano; Freitas, Ernani Cesar de. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2 ed. Feevale, Novo Hamburgo.

Qin, Yimin. (2016). "Applications of advanced technologies in the development of functional medical textile materials". In *Medical Textile Materials*. Woodhead Publishing Limited: Number 174. Cambridge, UK.

Raynaud's association. (2019). The cold facts on Raynaud's and strategies for a warmer life. Consultado em 30 de Janeiro de 2019, Disponível em: <https://www.raynauds.org/wp-content/uploads/2021/03/Raynauds-Guide-PDF-V5.pdf>

Rivero, P.J; Urrutia, A; Goicoechea, J; Arregui, F.J. (2015). Nanomaterials for Functional Textiles and Fibers. *Nanoscale Research Letters* 10:501

Rossi, R. (2009). "Comfort and thermoregulatory requirements in cold weather clothing". In *Textile for cold weather apparel*. Williams J.T. Woodhead Publishing Limited: Number 93. Cambridge, UK.

Ryklin, D; Medvetski, Sergey. (2017). Investigation of the technology of conductive yarns manufacturing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 254. 072021.

Šahta, I; Baltiņa, I; Truskovska, N; Blūms, J; Deksnis, E.B. (2014). Selection of conductive yarns for knitting an electrical heating element. *WIT Transactions on the Built Environment*, 137, 91-102.

Sampieri, Roberto Hernández; Collado, Carlos Fernández; Lucio, Pilar Baptista. (2006). *Metodologia de pesquisa*, McGraw-Hill, São Paulo.

Scleroderma Foundation. (2019). Reynaud phenomenon – support, education, research. Consultado em 30 de Janeiro de 2019, Disponível em: <http://www.scleroderma.org/site/DocServer/Raynaud.pdf?docID=322>

Schwarz, Ivana; Kovačević, Stana. (2017). "Textile application: from need to imagination". In *Textiles for advanced applications*. Bipin Kumar; Suman Thakur. IntechOpen.

Seltenrich, Nate. (2015). Between Extremes: Health Effects of Heat and Cold. *Environmental Health Perspectives*. National Institute of Environmental Health Sciences. 123(11): A275-A279.

Severino, Joaquim Antônio. (2007). Metodologia do trabalho científico, 23 ed, Cortez, São Paulo.

Shannon, E; Abu-Ghannam, N. (2016). Antibacterial Derivatives of Marine Algae: An Overview of Pharmacological Mechanisms and Applications. *Marine drugs*. 14(4), 81.

Shapiro S. C; Wigley F. M. (2017). Treating Raynaud phenomenon: Beyond stay warm. *Cleve. Clin. J. Med.* 84(10):797-804

Silva, I; Loureiro, T; Almeida, I; Mansilha, A; Almeida, R; Vasconcelos, C. (2011). Fenómeno de Raynaud. *Angiologia e Cirurgia Vascular*, 7(1): 13-20.

Silva, E. L. da; Menezes, E.M. (2005). Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação. 4 ed, rev. Atual. Florianópolis: UFSC.

Singh, M. K. (2021). "Textiles functionalization - a review of materials, processes, and assessment". In *Textile for functional applications*. Bipin Kumar. IntechOpen.

Sinnathurai, P; Schrieber. L. (2013). Treatment of Raynaud phenomenon in systemic sclerosis. *Internal Medicine Journal*. 43(5):476-83.

Sivak, E; Bugaev, S; Sokolov, M; Glinushkin, A. (2018). Antimicrobial bio-components from red algae species: a review of application and health benefits. *Entomology and Applied Science Letters*. 5 (3):85-90.

Skare, T; Gomes, A; Torejane, D; Jordão, J; Ghiggi, R. (2006). Fenômeno de Raynaud: do diagnóstico ao tratamento. Serviço de Reumatologia do Hospital Universitário Evangélico de Curitiba, 100-110. Consultado em 30 de janeiro de 2019, Disponível em: [http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id\\_materia=3316](http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id_materia=3316)

Steen, V; Denton, C.P; Pope, J. E; Matucci-Cerinic, M. (2009). Digital ulcers: overt vascular disease in systemic sclerosis. *Rheumatology*. 48:iii19–iii24.

Talaia, Mário. (2016). Riscos para a saúde num ambiente térmico frio: o vestuário e uma onda de frio. *Territorium*, 23: 43-50.

Tao, Y; Li, T; Yang, C; Wang, N; Yan, F; Li, L. (2018). The influence of fiber cross-section on fabric far-infrared properties. *Polymers*. 10(10), 1147.

Šafářová, V; Grégr, J. (2010). Electrical conductivity measurement of fibers and yarns. 7<sup>th</sup> International Conference - TEXSCI 2010. Liberec, Czech Republic.

Verdejo, Chalmeta; Catalán, Beltrán; Puig, González; Albuxech, Negueroles; Armario, García; Almela, Molina; Sanz, Valero; Guillén, Muñoz; Piquer, Nuñez-Cornejo; Cortés, Ivorra; Ivorra, Román. (2013). "El fenómeno de Raynaud". In *Enfermedades Reumáticas. Actualización SVR, II edición*. Miguel A. Belmonte, Juan A. Castellano, José A. Román, José C. Rosas. Sociedad Valenciana Reumatología. Valencia, España.

Vogt, J. (2001). "Calor y frio". In Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Volume II. Stellman, J.M. Parte VI: Riesgos generales, Chapter 42. Ed. OIT: Madrid, España.

Voutetakis, Konstantinos; Delitsikou, Vasiliki; Papacharalampous, Michael; Sakellari, Marianthi; Favilla, Elena; Tonelli, Mauro; Gonos, Efstathios. (2016). Ceramic textiles from mineral oxides microfibers coating (Nanobionic®) efficiently emit infrared rays and reduce free radical levels in healthy volunteers and in patients with free radical-related disorders. *Journal of Medicinal Chemistry and Toxicology*. 1(1): 1-7.

Young, A. J; Sawka M. N; Pandolf, K. B. (1996). "Physiology of cold exposure". In *Nutritional needs in cold and in high-altitude environments: applications for military personnel in field operations*. Marriott, BM; Carlson SJ. Washington (DC): National Academies Press (US).

Watson R. (2015). Quantitative research. *Nursing standard (Royal College of Nursing (Great Britain): 1987)*, 29(31), 44–48.

Wigley, F. M. Raynaud ' s phenomenon. (2002). *N. Engl. J. Med.* 347:1001-1008.

Wigley, F. M; Flavahan, N. A. (2016). Raynaud ' s phenomenon. *N. Engl. J. Med.* 375, 556-565.

Wollina, U; Abdel-Naser, M.B; Verma, S. (2006). "Skin physiology and textiles – consideration of basic interactions". In *Biofunctional textiles and the skin. Current Problems in Dermatology*. Hipler U-C; Elsner P. vol 33.

## ANEXO I – QUESTIONÁRIO DIRIGIDO AO PÚBLICO

1. Você possui o Fenômeno de Raynaud? Caso a resposta seja “não”, pode abandonar o questionário.

Sim

Não

2. Qual o seu gênero?

Feminino

Masculino

3. Qual a sua faixa etária?

Até 17 anos

De 18 a 29 anos

De 30 a 39 anos

De 40 a 49 anos

De 50 a 59 anos

De 60 a 69 anos

A partir de 70 anos

4. Qual o seu estado civil?

Solteiro(a)

União estável

Casado(a)

Divorciado(a)

Viúvo(a)

5. Possui filho(s)/filha(s)?

Sim

Não

5.1 Se marcou "sim" na pergunta anterior, responda quantos filhos possui, o sexo e a idade dos mesmos.

6. Qual a sua profissão?

7. Qual o seu nível de escolaridade?

Até o 9º ano

Até o 12º ano

Licenciatura

Mestrado

Doutorado

Outro: \_\_\_\_\_

8. Em que localidade reside? (cidade e país)

9. Existe alguém na sua família que também possui o fenômeno de Raynaud?

Sim

Não

10. Em que idade apareceram para você os primeiros sinais do fenômeno de Raynaud?

11. Qual foi o seu diagnóstico quanto a origem do fenômeno de Raynaud?

- Ainda não tenho diagnóstico
- Origem primária
- Origem secundária\* (Mencionar na questão abaixo)

11.1 Caso tenha marcado na questão anterior que o fenômeno de Raynaud para você foi diagnosticado como de "origem secundária" mencione qual patologia está associada à sua síndrome.

12. Com que frequência este fenômeno se manifesta?

- Apenas no inverno
- Durante todo o ano, porém, com maior intensidade no inverno
- Sempre, independente das estações
- Outro: \_\_\_\_\_

13. As alterações de coloração dos dedos das mãos é um típico sintoma do fenômeno de Raynaud, além disso, quais outros sintomas nesta área você apresenta comumente? \*Pode marcar mais de uma alternativa.

- Formiguelo
- Dormência
- Queimação
- Dor
- Outro: \_\_\_\_\_

14. A área das mãos é uma das mais atingidas durante a manifestação deste fenômeno, além desta zona qual/ quais partes do seu corpo também são afetadas? \*Pode marcar mais de uma alternativa.

- Pés
- Orelhas
- Nariz

- Boca
- Mamilos

15. Devido ao fenômeno de Raynaud, você percebeu ao longo do tempo alguma mudança quanto ao aspecto da pele das mãos? \*Pode marcar mais de uma alternativa

- Maior ressecamento
- Maior sensibilidade
- Enrijecimento de algumas áreas
- Sinais de envelhecimento precoce
- Não percebi nenhuma mudança
- Outro: \_\_\_\_\_

16. Você tem alguma rotina de cuidados especiais com a pele da área das mãos?

- Sim
- Não

16.1 Caso a resposta da pergunta anterior seja “sim”, descreva o tipo de cuidado que você costuma ter com esta área. Se faz uso de cosméticos nestas regiões, cite-os.

17. Em decorrência do fenômeno de Raynaud, que mudanças você adotou na sua rotina para a melhoria da qualidade de vida? \*Pode marcar mais de uma alternativa.

- Terapias que reduzem o stress
- Acupuntura
- Prática de atividades físicas
- Evitar exposição ao frio
- Abstenção de tabaco

- Terapia a laser
- Evitar agentes que causam vasoconstrição
- Não houve mudanças na minha rotina
- Outro: \_\_\_\_\_

18. Este problema afeta o seu desempenho durante o desenvolvimento das atividades cotidianas?

- Sim
- Não

18.1 Caso a resposta da pergunta anterior seja “sim”, cite de que forma este problema afeta o seu dia-a-dia.

19. Você encontra no mercado luvas adequadas que promovam o aquecimento/proteção efetiva e apazigue os danos causados na pele das mãos?

- Sim
- Não

20. Que tipo de luva você utiliza para remediar o seu problema devido a sua maior sensibilidade ao frio?  
\*Pode marcar mais de uma alternativa.

- Lã
- Pele
- Algodão
- Acrílico
- Outro: \_\_\_\_\_

21. Você costuma utilizar mais de uma luva ao mesmo tempo para garantir um maior aquecimento? Caso utilize, mencione quantas e quais luvas costuma colocar sobrepostas.



22. Você acha interessante o desenvolvimento de uma luva especial que promova o alívio dos sintomas provocados por esta patologia?

Sim

Não

23. Diante das características de uma luva para aliviar os sintomas provocados pelo fenômeno de Raynaud, atribua um grau de importância para cada item abaixo.

	Nada importante	Pouco importante	Importante	Muito importante
Regulação da temperatura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promover a hidratação da pele	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auxiliar na cicatrização da pele	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auxiliar na melhoria da circulação sanguínea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maleabilidade do material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manutenção do produto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Antialérgico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Antibacteriano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- Se tiver interesse em contribuir com o projeto para o desenvolvimento deste produto, deixe seu nome, e-mail e/ou telefone de contato.

- Caso tenha alguma sugestão/ comentário a respeito do produto, pode deixar as suas considerações abaixo.

## ANEXO II – TABELAS: RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Tabela 1. Testes – protótipos: escolha do material (base). Fonte: elaborado pela autora.

Protótipo (4 bases) - Fio #6 (Elitex E) - Emissividade: 0,67 - RTC: 25°								
TENSÃO (V)	CORRENTE (A)							
	FIR (Leve)	FIR (Leve) Média	FIR (Pesado)	FIR (pesado) Média	Seacell	Seacell Média	Algodão	Algodão Média
7.2	0,15	0,15	0,21	0,21	0,11	0,11	0,23	0,23
7.2	0,15		0,21		0,11		0,23	
7.2	0,15		0,22		0,12		0,23	
9.2	0,21	0,21	0,28	0,29	0,16	0,17	0,32	0,32
9.2	0,21		0,29		0,17		0,32	
9.2	0,22		0,29		0,17		0,32	
12	0,36	0,36	0,45	0,45	0,31	0,31	0,46	0,46
12	0,36		0,45		0,31		0,46	
12	0,36		0,45		0,32		0,47	

TENSÃO (V)	MÉDIA TEMPERATURA (°C)							
	FIR (Leve)	FIR (Leve) Média	FIR (Pesado)	FIR (Pesado) Média	Seacell	Seacell Média	Algodão	Algodão Média
7.2	36,5	35,93	35,9	36,30	34,5	35,95	39,3	40,25
7.2	35,2		36,1		36,5		39,8	
7.2	36,1		36,9		36,9		41,7	
9.2	41,7	41,80	41,9	42,36	41,3	41,53	49,3	49,77
9.2	41,1		42,3		41,8		50,2	
9.2	42,6		42,9		41,5		49,8	
12	59,8	59,36	60,1	60,13	59,2	59,70	66,1	68,37
12	58,4		59,8		59,4		68,2	
12	59,9		60,5		60,5		70,9	

Tabela 2. Testes – média de temperatura do fio selecionado (Elitex E). Fonte: elaborado pela autora.

Modelo 2/ Fio #6 (Elitex E) - Comprimento:fio: 30 cm - Emissividade: 0,67 - RTC 24°/25° - Prétensão: 5 (máx 5gf)								
Tensão (V)	Corrente (A)	Corrente (A) Média	Temperatura (°C)	Temperatura (°C) Média	Média tempo (MIN)	Resistência (OHM)	Resistência Linear/Metro	Resistência Linear Média
2	0,34	0,36	31,7	31,65	3	5,88	19,61	18,53
2	0,37		31,9		3	5,41	18,02	
2	0,36		32,7		3	5,56	18,52	
2	0,36		31,5		3	5,56	18,52	
2	0,37		30,5		3	5,41	18,02	
2,5	0,44	0,45	43,3	41,44	3	5,68	18,94	18,45
2,5	0,45		41,7		3	5,56	18,52	
2,5	0,47		41,8		3	5,32	17,73	
2,5	0,47		40,1		3	5,32	17,73	
2,5	0,43		40,4		3	5,81	19,38	
3	0,53	0,54	50,4	51,14	3	5,66	18,87	18,52
3	0,54		51,7		3	5,56	18,52	
3	0,53		51,3		3	5,66	18,87	
3	0,54		50,7		3	5,56	18,52	
3	0,56		51,6		3	5,36	17,86	
3,5	0,64	0,66	61,7	60,73	3	5,47	18,23	17,69
3,5	0,63		57,3		3	5,56	18,52	
3,5	0,68		61,2		3	5,15	17,16	
3,5	0,67		62,2		3	5,22	17,41	
3,5	0,68		61,4		3	5,15	17,16	
4	0,84	0,81	71,7	72,02	3	4,76	15,87	16,51
4	0,79		71,6		3	5,06	16,88	
4	0,8		72,4		3	5,00	16,67	
4	0,82		71,9		3	4,88	16,26	
4	0,79		72,5		3	5,06	16,88	
4,5	0,89	0,88	80,1	82,41	3	5,06	16,85	17,01
4,5	0,89		83,2		3	5,06	16,85	
4,5	0,87		82,8		3	5,17	17,24	
4,5	0,89		82,5		3	5,06	16,85	
4,5	0,87		83,5		3	5,17	17,24	

Tabela 3. Testes – caracterização dos efeitos colaterais do fio (Elitex E). Fonte: elaborado pela autora.

Modelo 2/ Fio #6 (Elitex E) - Comprimento:fio: 30 cm - Emissividade: 0,67 - RTC 24°/25° - Prétensão: 5 (máx 5gf)									
Tensão (V)	Corrente (A)	Corrente (A) Média	Média temperatura (°C)	Média tempo (MIN)	Encolhimento (CM)	Média encolhimento (CM)	Resistência (OHM)	Resistencia Linear/Metro	Resistência Linear Média
2	0,34	0,36	31,7	3	1,5	2,24	5,88	19,61	18,53
2	0,37		31,9	3	2		5,41	18,02	
2	0,36		32,7	3	2,5		5,56	18,52	
2	0,36		31,5	3	2,5		5,56	18,52	
2	0,37		30,5	3	3		5,41	18,02	
2,5	0,44	0,45	43,3	3	2	2,75	5,68	18,94	18,45
2,5	0,45		41,7	3	2,5		5,56	18,52	
2,5	0,47		41,8	3	3		5,32	17,73	
2,5	0,47		40,1	3	3		5,32	17,73	
2,5	0,43		40,4	3	3,5		5,81	19,38	
3	0,53	0,54	50,4	3	2,5	3,08	5,66	18,87	18,52
3	0,54		51,7	3	3		5,56	18,52	
3	0,53		51,3	3	3		5,66	18,87	
3	0,54		50,7	3	3,5		5,56	18,52	
3	0,56		51,6	3	3,5		5,36	17,86	
3,5	0,64	0,66	61,7	3	3	3,38	5,47	18,23	17,69
3,5	0,63		57,3	3	3		5,56	18,52	
3,5	0,68		61,2	3	3,5		5,15	17,16	
3,5	0,67		62,2	3	3,5		5,22	17,41	
3,5	0,68		61,4	3	4		5,15	17,16	
4	0,84	0,81	71,7	3	3,5	3,88	4,76	15,87	16,51
4	0,79		71,6	3	3,5		5,06	16,88	
4	0,8		72,4	3	4		5,00	16,67	
4	0,82		71,9	3	4		4,88	16,26	
4	0,79		72,5	3	4,5		5,06	16,88	
4,5	0,89	0,88	80,1	3	3,5	3,99	5,06	16,85	17,01
4,5	0,89		83,2	3	4		5,06	16,85	
4,5	0,87		82,8	3	4		5,17	17,24	
4,5	0,89		82,5	3	4		5,06	16,85	
4,5	0,87		83,5	3	4,5		5,17	17,24	

