

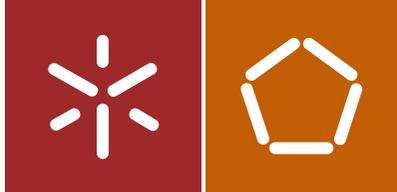


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Nelson Maciel Gonçalves Pinto

Caracterização física de meias desportivas  
sob o ponto de vista do conforto e de  
compressão





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Nelson Maciel Gonçalves Pinto

Caracterização física de meias desportivas  
sob o ponto de vista do conforto e de  
compressão

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor André Paulo de Almeida Whiteman  
Catarino  
Professora Doutora Maria José Araújo Marques Abreu

## 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

Ao meu orientador Doutor André Paulo Whiteman Catarino e à Doutora Maria José Marques Abreu quero deixar os meus sinceros agradecimentos pela oportunidade, orientação científica, dedicação, confiança, ajuda e sugestões que foram essenciais para que todo o trabalho fosse concretizado. Agradeço ainda todas as propostas e apoio fornecido durante a escrita e revisão da dissertação.

Agradeço ao Engenheiro Joaquim Jorge, pela simpatia, amizade, disponibilidade e apoio concedido nos testes laboratoriais.

Um especial agradecimento à Vânia Pinto e ao Paulo Sousa, pela disponibilidade, presença e ajuda constante concedida ao longo desta dissertação, que foram imprescindíveis para a concretização do trabalho desenvolvido.

A toda a minha família, em especial à minha esposa e filhas, pais, irmãs e cunhados tenho muito a agradecer pelo carinho, amizade e apoio incondicional que me deram ao longo de todo o meu percurso académico.

Por fim quero agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## 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.

Universidade do Minho, 31 de outubro de 2020

  
Nelson Maciel Gonçalves Pinto

# Resumo

O vestuário de compressão é cada vez mais uma ferramenta importante na atividade desportiva. Inicialmente a técnica de compressão foi desenvolvida para fins terapêuticos utilizando a aplicação de pressão na perna para aumentar a velocidade do fluxo sanguíneo e minimizar complicações vasculares. Esta tecnologia rapidamente foi explorada noutras áreas, principalmente na área desportiva, procurando diminuir o tempo de recuperação, prevenir lesões musculares bem como melhorar o desempenho dos atletas. Desta forma, as empresas têxteis procuraram oferecer uma ampla variedade de vestuário desportivo, capazes de suprir estas necessidades mantendo conforto durante a sua utilização na prática desportiva. Para isso, combinaram novas fibras e novas técnicas de tricotagem para desenvolver estruturas de malhas diferentes com capacidade de melhorar a termorregulação, permitir compressão localizada e melhorando o conforto tendo em conta que o bem-estar físico e psicológico do atleta também são fatores determinantes para alcançar um bom desempenho e melhoria dos resultados.

Por este motivo, este trabalho tem como objetivo caracterizar fisicamente meias desportivas sob o ponto de vista do conforto e de compressão de forma a clarificar o seu impacto no desempenho dos atletas. O estudo foi realizado utilizando cinco tipos de meias de compressão que foram caracterizadas por diferentes análises de laboratório, incluindo o teste do dinamómetro, permeabilidade ao ar e espessura. Para além disso, as meias foram testadas por um grupo de desportistas não profissionais, os quais realizaram testes de corrida em passadeira, com leitura *in loco* da compressão, temperatura, humidade, ritmo cardíaco, taxa de saturação de oxigénio e imagens termográficas. No final deste teste foi aplicado um inquérito utilizando a Escala de *Liekert* para recolher informações sobre o conforto do uso de meias de compressão.

Os resultados da caracterização física mostraram que malhas mais abertas tem melhor desempenho quanto à permeabilidade de ar. Para além disso, este teste permitiu concluir que a permeabilidade não está diretamente ligada com a espessura, pois malhas mais espessas podem ter maior elasticidade, abrindo mais as malhas permitindo uma melhor entrada de ar e conseqüentemente uma melhor circulação de ar.

Os testes de corrida revelaram bons resultados quanto à termorregulação térmica e os atletas apresentaram bastante agrado quanto ao conforto no uso de meias de compressão salientando a boa estabilidade muscular que estas lhe proporcionaram durante a corrida.

**Palavras-chave:** Vestuário desportivo, Meias de Compressão, Conforto.

# Abstract

Compression clothing becoming increasingly important in sports. Initially the compressive technology was developed for therapeutic purposes by means of the application of pressure on the leg in order to increase the speed of blood flow and prevent vascular complications. This technology was quickly explored in other areas, namely sports, allowing to reduce recovery time, prevent muscle injuries as well as improving athletes' performance. In this way, the textile companies sought to offer a wide variety of sports clothing, capable of meeting these needs while maintaining comfort during their use in sports. For this, they combined new fibers and new knitting techniques to develop different knit structures with the capacity to improve thermoregulation, allow localized compaction and improve comfort taking into account that the athlete's physical and psychological well-being are also determining factors to achieve good performance and better results.

This work aims to physically characterize sports socks from the point of view of comfort and compression in order to clarify the impact on athletes' performance. The study was carried out using five types of compression stockings that were characterized by laboratory analysis, including the dynamometer test, air permeability and thickness. In addition, the socks were tested by a group of non-professional sportsmen, who carried out treadmill running tests, with on-site reading of compression, temperature, humidity, heart rate, oxygen saturation rate and thermographic images. At the end a survey using a Likert Scale to collect information on the comfort of wearing compression stockings was applied.

The results obtained from the physical characterization tests show that more open meshes perform better in terms of air permeability. In addition, from these tests one can conclude that the permeability is not directly associated to the thickness, since thicker meshes may have greater elasticity, opening more and thus allowing higher air entry and consequently better air circulation.

The running tests presented good results with regard to thermoregulation and the volunteers felt comfortable using sport compression stockings and emphasized the good muscle stability provided during a run by sport compression stockings.

**Keywords:** Sportswear, Compression Socks, Comfort.

# ÍNDICE

<b>1. Introdução</b> .....	<b>2</b>
1.1. Enquadramento do trabalho .....	2
1.2. Motivação e objetivos .....	3
1.3. Estrutura da dissertação .....	4
<b>2. Estado da arte</b> .....	<b>6</b>
2.1. Definição de conforto .....	6
2.2. Tecnologia <i>seamless em malhas de trama</i> .....	7
2.3. Vestuário de compressão .....	7
2.3.1. <i>Compressão na área médica</i> .....	8
2.3.2. <i>Compressão na área desportiva</i> .....	9
2.4. Compressão e controle sensorio-motor.....	11
2.5. Fibras utilizadas no vestuário desportivo.....	11
2.6. Meias de Compressão desportiva .....	12
2.6.1. <i>Fatores que afetam o desempenho das meias de compressão usadas no desporto</i> ..	14
<b>3. Trabalho Experimental</b> .....	<b>26</b>
3.1. Caracterização mecânica das meias desportivas em estudo .....	26
3.2. Métodos de caracterização.....	28
3.2.1. <i>Medição da espessura</i> .....	29
3.2.2. <i>Propriedades mecânicas</i> .....	29
3.2.3. <i>Permeabilidade ao ar</i> .....	31
3.3. Métodos de caracterização com voluntários.....	33
3.3.1. <i>Força compressão</i> .....	34
3.3.2. <i>Ritmo Cardíaco e Taxa Saturação</i> .....	34
3.3.3. <i>Sensores temperatura e humidade</i> .....	35
3.3.4. <i>Câmara termográfica</i> .....	36
3.4. Inquérito aos voluntários .....	37
<b>4. Resultados</b> .....	<b>39</b>
4.1. Análise de resultados dos ensaios laboratoriais .....	39
4.1.1. <i>Medição da espessura</i> .....	39

4.1.2.	<i>Propriedades mecânicas</i> .....	39
4.1.3.	<i>Permeabilidade ao ar</i> .....	40
4.2.	Teste com voluntários .....	41
4.2.1.	<i>Força compressão</i> .....	41
4.2.2.	<i>Ritmo Cardíaco e Taxa de Saturação de oxigénio</i> .....	44
4.2.3.	<i>Determinação da temperatura e humidade</i> .....	45
4.3.	Métodos de caracterização ao conforto.....	53
5.	Conclusão e perspetivas futuras .....	62
	Referências Bibliográficas.....	65
	Anexos.....	69

## Índice de Figuras

<b>Figura 2. 1</b> Esquema da percepção do conforto. Adaptado de (Li, 2001). .....	6
<b>Figura 2. 2.</b> Dinâmica do fluxo venoso (Castilho Junior, 2015). .....	10
<b>Figura 2. 3.</b> Representação esquemática de uma meia de compressão com diferentes combinações de materiais e malhas (Jeong, 2011). .....	15
<b>Figura 2. 4.</b> Meias Compressport® (fonte: <a href="https://www.compressport.com/category/sport/page/5/">https://www.compressport.com/category/sport/page/5/</a> ). .....	16
<b>Figura 2. 5.</b> Resultados dos valores de plasma interleucina 6 para diferentes níveis de compressão (Mizuno et al., 2017). .....	17
<b>Figura 2. 6.</b> Laçada de uma malha de trama (A. Catarino, 1998). .....	20
<b>Figura 2. 7.</b> Laçadas Normal, Carregada e Flutuante (Francis & Sparkes, 2011). .....	20
<b>Figura 2. 8.</b> Níveis de pressão normalmente verificados em meias de compressão (Lin et al., 2013). .....	21
<b>Figura 2. 9.</b> Representação da malha com tricotagem tridimensionais (a) face técnica e verso do painel com módulo de elasticidade inferior; (b) face técnica e verso do painel com maior módulo de elasticidade; (c) nove espécimes; e face técnica (d) e verso técnico (e) de painel com módulos elásticos híbridos (R. Liu et al., 2018). .....	22
<b>Figura 2. 10.</b> Máquina de tricotar plana ( <a href="https://www.directindustry.com/pt/prod/stoll/product-180256-1776542.html">https://www.directindustry.com/pt/prod/stoll/product-180256-1776542.html</a> ). .....	23
<b>Figura 2. 11.</b> Máquina de tricotar circular ( <a href="https://www.merz-mf.de/en/products.php">https://www.merz-mf.de/en/products.php</a> ). .....	23
<b>Figura 3. 1.</b> Zonas de medição para os diferentes testes a realizar: 1 – Zona da Pantorrilha; 2 - Zona do meio entre pantorrilha e tornozelo; 3 – Zona do tornozelo; 4 - Zona da planta/peito do pé.....	28
<b>Figura 3. 2.</b> Medição da espessura em camada dupla com equipamento Digital Thickness Gauge (Fotos do autor). .....	29
<b>Figura 3. 3.</b> Equipamento Dinamómetro Hounsfield (Fotos do autor). .....	30
<b>Figura 3. 4.</b> Meia colocada entre as maxilas no dinamómetro (Foto do autor) .....	31
<b>Figura 3. 5.</b> Equipamento Textest Instruments FX3300 utilizado para medição da permeabilidade ao ar. ....	32
<b>Figura 3. 6.</b> Teste de corrida em passadeira com equipamentos de registo (fonte do autor). .....	33
<b>Figura 3. 7.</b> Equipamento Picopress utilizado para medição da compressão .....	34
<b>Figura 3. 8.</b> Equipamento oxímetro de pulso MD300W .....	35
<b>Figura 3. 9.</b> Equipamento Thermodata.....	35

<b>Figura 3. 10.</b> Zonas de medição dos sensores de temperatura e humidade Thermodata: – Zona da Frente e trás da Pantorrilha; – Zona da frente e trás tornozelo; .....	36
<b>Figura 3. 11.</b> Câmara térmica Testo modelo 850 (fonte: <a href="https://testo.nz/products/testo-885-2-thermal-imaging-camera-ideal-for-industrial-and-building-thermography-p-o-a">https://testo.nz/products/testo-885-2-thermal-imaging-camera-ideal-for-industrial-and-building-thermography-p-o-a</a> ).....	36
<b>Figura 4. 1.</b> Gráfico dos valores obtidos para a compressão (mmHg) do teste dinâmico no voluntario 1 e voluntário 4.....	42
<b>Figura 4. 2.</b> Gráfico dos valores obtidos para a compressão (mmHg) do teste dinâmico no voluntário 2, voluntário 3 e voluntário 5. ....	43
<b>Figura 4. 3.</b> Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de temperatura Thermodata .....	46
<b>Figura 4. 4.</b> Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de temperatura Thermodata na zona da pantorrilha. ....	47
<b>Figura 4. 5.</b> Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de humidade Thermodata.	48
<b>Figura 4. 6.</b> Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de temperatura Thermodata na zona da pantorrilha. ....	49
<b>Figura 4. 7.</b> Imagens termográficas na zona da frente da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira. ....	50
<b>Figura 4. 7.</b> Imagens termográficas na zona da frente da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira (continuação). ....	51
<b>Figura 4. 8.</b> Imagens termográficas da zona de trás da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira. ....	52
<b>Figura 4. 8.</b> Imagens termográficas da zona de trás da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira (continuação). ....	53
<b>Figura 4. 9.</b> Resultados do inquérito efetuado aos voluntários.....	54
<b>Figura 4. 10.</b> Resultados do inquérito quanto a qualidade da meia E. ....	60

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 2. 1.</b> Valores das propriedades térmicas dos tecidos quanto à condutividade, absorvidade, resistência e fluxo de calor. ....	11
<b>Tabela 2. 2.</b> Valores da permeabilidade ao ar e vapor. ....	12
<b>Tabela 2. 3.</b> Níveis de compressão (Mizuno et al., 2017). ....	17
<b>Tabela 2. 4.</b> Composição da meia. Adaptado de (Bertaux et al., 2010) ....	18
<b>Tabela 2. 5.</b> Resultados coeficiente de atrito nos diferentes estados da meia. Adaptado de (Bertaux et al., 2010) ....	19
<b>Tabela 3. 1.</b> Especificações físicas das meias de compressão estudadas (segundo o fabricante).....	26
<b>Tabela 4. 1.</b> Resultados da espessura média das diferentes meias obtidas pelo equipamento Digital Thickness Gauge.....	39
<b>Tabela 4. 2.</b> Força média por zona para as diferentes meias obtidas pelo equipamento Hounsfield....	40
<b>Tabela 4. 3.</b> Resultados da permeabilidade ao ar de diferentes meias obtidas pelo equipamento Textest Instruments FX3300. ....	40
<b>Tabela 4. 4.</b> Dados dos voluntários quanto ao número de tamanho de pé e perímetro da pantorrilha. ....	41
<b>Tabela 4. 5.</b> Batimentos cardíacos (PR bpm) durante os 12 minutos de corrida.....	44
<b>Tabela 4. 6.</b> Taxa de saturação de oxigénio (SpO <sub>2</sub> %) durante os 12 minutos de corrida. ....	45
<b>Tabela 4. 7.</b> Resultados da temperatura na zona da frente da meia E do ponto mais quente antes e após da corrida na passadeira. ....	51
<b>Tabela 4. 8.</b> Resultados da temperatura na zona de tras da meia E do ponto mais quente antes e depois da corrida na passadeira. ....	53
<b>Tabela A. 1.</b> Registo de resultados de temperatura voluntário 1 .....	84
<b>Tabela A. 2.</b> Registo de resultados de temperatura voluntário 2 .....	84
<b>Tabela A. 3.</b> Registo de resultados de temperatura voluntário 3 .....	85
<b>Tabela A. 4.</b> Registo de resultados de temperatura voluntário 4 .....	85
<b>Tabela A. 5.</b> Registo de resultados de temperatura voluntário 5 .....	86
<b>Tabela A. 6.</b> Registo de resultados de humidade % voluntário 1 .....	86
<b>Tabela A. 7.</b> Registo de resultados de humidade % voluntário 2 .....	87
<b>Tabela A. 8.</b> Registo de resultados de humidade % voluntário 3 .....	87

<b>Tabela A. 9.</b> Registo de resultados de humidade % voluntário 4 .....	88
<b>Tabela A. 10.</b> Registo de resultados de humidade % voluntário 5 .....	88

Capítulo 1

---

# Introdução

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento do trabalho

A prática de atividades desportivas por parte das pessoas tem vindo a aumentar significativamente nas últimas décadas, especialmente com o intuito de obter melhorias na saúde e bem-estar. O esforço efetuado durante estas atividades provoca vários efeitos no corpo humano, nomeadamente aumento da temperatura, libertação do suor, dores musculares e cansaço, que podem afetar o desempenho da pessoa que exerce atividade física. Estas circunstâncias, juntamente com a crescente adesão ao desporto por parte da sociedade, tem forçado a investigação e a indústria do sector têxtil a desenvolver e apresentar produtos inovadores na área desportiva com variadas características e propriedades, com vista ao melhoramento do desempenho dos praticantes de desporto. Desta forma, tem surgido uma variedade de vestuário destinados à prática desportiva com capacidade de responder a todas as necessidades dos consumidores, especialmente, na melhoria de transferência de calor, humidade, conforto e prevenção de lesões. Dentro dos vários tipos de vestuário, as meias de compressão têm sido as que tem recebido mais atenção nos últimos anos, sendo um dos tipos de vestuário mais comercializado e procurado por parte dos atletas de forma a obter benefícios do desempenho e/ou diminuição do tempo de recuperação.

As meias de compressão até ao joelho estão, cada vez mais, nos pés de corredores e ciclistas. Este tipo de meias melhoram o desempenho desportivo, previnem lesões, reduzem o cansaço das pernas no pós-exercício e melhoram a recuperação. Supostamente, porque ao apertarem os músculos da perna, em particular a barriga da perna, melhoram a aerodinâmica do corredor, tornando-o mais rápido e com mais força (Rider, Coughlin, Hew-Butler, Goslin, & Research, 2014).

Existem várias teorias para fundamentar a utilização das meias compressivas. A primeira teoria baseia-se no retorno venoso, ou seja, a utilização de meias compressivas aumenta o retorno do fluxo venoso, uma vez que o sangue tem tendência a acumular-se ao nível das pernas, tanto em repouso como em exercício. Desta forma, a utilização das meias compressivas ao nível dos gêmeos vai aumentar o transporte de oxigénio aos músculos, facilitando desta forma o retorno venoso e a conseqüente remoção de metabolitos recorrentes da atividade física (ex. ácido láctico) (Ashayeri, 2012; Goncu Berk & Kahveci, 2019; Pérez-Soriano, García-Roig, Sanchis-Sanchis, & Aparicio, 2019). Assim sendo, a homeostase muscular será mais eficiente, melhorando a capacidade de resistência do atleta.

A segunda teoria é menos conhecida entre os atletas, no entanto não menos importante, que consiste na vibração muscular. Quando um atleta se encontra a correr, existem inúmeras forças de impacto a que os músculos e tendões do membro inferior são sujeitos, principalmente quando falamos em superfícies mais irregulares ou rígidas (Ashayeri, 2012). Pensa-se que esta vibração pode ser uma das causas de dor muscular tardia que os atletas referem. Desta forma, as meias de compressão muscular vão permitir uma maior estabilidade muscular e, por conseguinte, uma menor vibração muscular e maior propriocepção. Contudo, o seu efeito na redução do risco de lesões nunca foi estudado. Sabe-se apenas que o atleta com meias de compressão tem mais sensibilidade aos seus próprios movimentos.

## **1.2. Motivação e objetivos**

Apesar de existirem vários estudos que confirmam os benefícios da utilização de meias de compressão, ainda existe alguma controvérsia sobre as suas vantagens, especialmente no que diz respeito à melhoria do desempenho durante a atividade física. Por este motivo, ainda são necessários estudos para perceber e clarificar as melhorias fornecidas pelos diferentes tipos de meias desportivas disponíveis comercialmente, quer a nível de desempenho quer a nível de conforto. A utilização de diferentes composições e técnicas de fabrico poderão contribuir positivamente para melhorar esses produtos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal realizar a caracterização física de meias de desporto sob o ponto de vista do seu conforto e compressão bem como estudar os benefícios da sua utilização durante e após o exercício físico. A seleção das meias estudadas nesta dissertação foi baseada numa pesquisa detalhada sobre meias de compressão disponíveis comercialmente tendo em conta as suas propriedades e características.

Vão ser estudadas 5 pares de meias de compressão de corrida de diferentes marcas e serão analisadas em laboratório para caracterizar a sua composição, os diferentes tipos de estruturas de malhas que as compõe, força de extensão, espessura e permeabilidade ao ar. Também analisaremos a força de compressão em diferentes pontos da meia e testar em voluntários durante uma corrida em passadeira, o comportamento quanto à sua compressão, ritmo cardíaco, saturação de oxigénio, temperatura e humidade e uma avaliação do conforto pelo preenchimento de um inquérito antes e após o exercício.

### 1.3. Estrutura da dissertação

Esta dissertação será organizada da seguinte forma:

- **Capítulo 1** - Composto pela introdução, que descreve a justificação e motivação do tema elegido para realização deste trabalho de investigação bem como a estrutura da dissertação.
- **Capítulo 2** - Neste capítulo será abordada o estado da arte sobre vestuário de compressão. Esta secção descreve os conceitos dos pontos mais importantes no vestuário de compressão e a sua importância nas diferentes áreas de aplicação. Será também abordada a importância da utilização de meias de compressão por atletas evidenciando os seus benefícios. Esta secção é de extrema importância porque vai definir a forma como a investigação será conduzida, eliminando caminhos desnecessários ou já alcançados e ditará, conseqüentemente, a obtenção de sucesso na investigação.
- **Capítulo 3** - Neste capítulo são apresentadas as meias desportivas a ser estudada bem como os métodos utilizados para sua caracterização mecânica, nomeadamente a nível de resistência, permeabilidade ao ar, compressão, espessura e corrida em passadeira.
- **Capítulo 4** - Neste capítulo serão apresentados os resultados dos testes efetuados e sua análise.
- **Capítulo 5** - Composto pela conclusão e perspectivas futuras.

Capítulo 2

---

# Estado de Arte

## 2. Estado da arte

### 2.1. Definição de conforto

O conforto é uma necessidade fundamental e universal do ser humano. Contudo, é muito complexo e muito difícil de definir, uma vez que envolve aspetos fisiológicos e psicológicos que podem variar de indivíduo para indivíduo. No setor têxtil, é considerada a propriedade mais importante e exigente por parte dos utilizadores e consumidores e, por isso, é fundamental que a indústria do vestuário tenha um bom conhecimento sobre o conforto humano para projetar tecidos e roupas para o maximizar. Apesar de não haver uma definição consensual, a maioria dos investigadores concordam que o conforto do vestuário é um fenómeno complexo que compreende pelo menos três processos: físicos, fisiológicos e psicológicos. Na figura 2.1 estão representados de uma forma resumida os processos envolvidos na percepção de conforto.

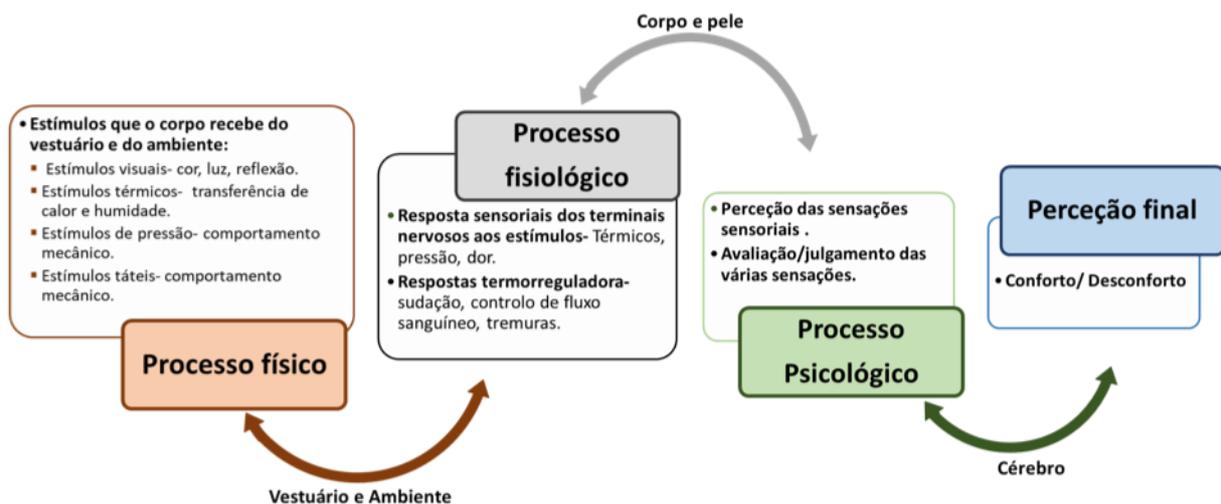


Figura 2. 1 Esquema da percepção do conforto. Adaptado de (Li, 2001).

O vestuário é um ambiente que proporciona um microclima junto do corpo humano e que desempenha um papel vital na obtenção do conforto humano e, nas últimas décadas, foram realizadas investigações extensas e sistemáticas sobre o conforto, a função e a ergonomia do vestuário, especificamente com vestuário de proteção. Sendo assim e como mencionado acima, deve-se ter em conta três aspetos do conforto no vestuário:

- Conforto térmico – sensação de um estado confortável ao nível térmico e de humidade, que envolve transferência de calor e humidade através do tecido;

- Conforto sensorial – diferentes sensações ao contato entre a pele e os têxteis;
- Conforto ergonómico – sensação de liberdade de movimento do corpo com o tecido.

O conforto do vestuário desportivo depende da otimização das interações entre tipos de fibras, parâmetros de fição, tecelagem, densidade e peso do tecido, acabamento e produção. As funções críticas incluem retenção térmica, resistência à luz UV, capacidade de arrefecimento, absorção de suor, secagem rápida, propriedades antibacterianas e relaxamento sem fadiga (Ray, 2011).

## 2.2. Tecnologia *seamless* em malhas de trama

A tecnologia *seamless*, que surgiu em 1980 em resposta à crise mundial na indústria de meias, representa o conceito de vestuário sem costura, onde as costuras são eliminadas ou drasticamente reduzidas (A. R. Catarino, A 2008; Magnus, Broega, & Catarino, 2010). A sua produção é efetuada em teares circulares conseguindo conjugar diferentes fios, estruturas de malhas e cores numa única peça. Esta tecnologia apresenta inúmeras vantagens quer a nível económico, uma vez que os fabricantes denotaram uma elevada produtividade com redução de tempo de produção, redução do custo de fabrico e de matéria-prima bem como redução do consumo de energia; quer a nível estético e funcional fornecendo produtos com elevado conforto para os consumidores. Para além disso, esta tecnologia permite adaptações aos diferentes padrões corporais combinando diferentes matérias-primas, estruturas de malha e diferentes graus de aperto na mesma peça (A. R. Catarino, A 2008).

A tecnologia *seamless* está intimamente ligada às malhas de compressão uma vez que os produtos resultantes desta tecnologia conferem ajuste perfeito ao corpo promovido pelos fios de elastano que é um dos materiais mais utilizados nesta tecnologia. Este tipo de malha tem sido muito aplicado no desenvolvimento de artigos têxteis para a prática de desporto, nomeadamente para a produção de meias compressivas, de forma a melhorar o desempenho e conforto dos atletas.

## 2.3. Vestuário de compressão

O vestuário de compressão tem sido amplamente utilizado em aplicações médicas (para tratamento e reabilitação de doenças flebológicas, deficiência venosa, linfedema, entre outros) bem como em atividades desportivas. Este tipo de vestuário tem como função principal a de promover pressão sobre os membros subjacentes do utilizador, sendo muitas vezes considerado como uma segunda pele. O grau de pressão de interface provocado pelos vestuários de compressão sobre o membro subjacente do corpo

humano é crucial no bem-estar e no conforto do utilizador. O fornecimento excessivo ou insuficiente de pressão ou gradiente de pressão incorreto pode ter efeitos fisiológicos adversos podendo causar danos nos tecidos ou comprometer a circulação do membro (Ashayeri, 2012; Thomas & Fram, 2003).

A terapia de compressão é baseada na equação de Laplace, que afirma que a pressão é diretamente proporcional à quantidade de tensão e número de camadas aplicadas, e inversamente proporcional à circunferência do membro e largura do material aplicado. Apesar da eficácia do vestuário de compressão estar bem documentada ainda permanece elusiva no que diz respeito à melhoria do desempenho e tratamento na atividade desportiva (Ashayeri, 2012).

### 2.3.1. Compressão na área médica

O vestuário de compressão têm sido utilizado na indústria médica por pacientes que sofrem de má circulação e edema nos membros inferiores há mais de 300 anos (Fletcher, Raab, Sanderson, & Vargo, 2014). A terapia de compressão é baseada na execução de pressão local na vasculatura venosa da perna para aumentar a velocidade do fluxo sanguíneo. Essa pressão pode ser produzida por aplicação de ligas de compressão na perna ou por meias especiais. Este tipo de terapia é utilizado em diferentes condições, por exemplo, edema na gravidez e insuficiência venosa. Além disso, a terapia de compressão também é utilizada preventivamente para doenças onde existe risco de trombose e para pacientes imóveis que desenvolvem congestionamentos, como paralisia das pernas. Através do desenvolvimento e garantia de uma pressão permanente, os vasos das pernas venosas são contraídos. Por esse motivo, a taxa de fluxo do sangue aumenta. A terapia de compressão reduz a circunferência dos vasos sanguíneos condutores do corpo, que estão abaixo do curativo de compressão. Por razões físicas, a velocidade do fluxo do sangue aumenta porque precisa de passar por um perímetro menor. O retorno do sangue ao coração aumenta, o edema é reduzido e as toxinas recozidas serão eliminadas. Outros efeitos desejáveis são acelerar a cicatrização de feridas e a prevenção contra trombose. Uma meia de compressão ou uma liga é corrigida quando a pressão exercida diminui na direção do coração. A pressão realizada define a classe de compressão das meias de compressão. Essas meias estão disponíveis como artigos de confeitaria e sob medida. A lista a seguir mostra as classes de compressão:

- Classe de compressão I: a pressão de 18 a 21 mmHg são indicadas para profilaxia da trombose, remoção de peso ou fadiga nas pernas e varizes com menor risco de edema;

- Classe de compressão II: a pressão de 23 a 32 mmHg é indicada para varizes na gravidez, após a remoção das veias, com inchaço das pernas e após a cicatrização de pequenas ulcerações, além de prevenir a recidiva de úlceras cicatrizadas;
- Classe de compressão III: com pressão de 34 a 46 mmHg é indicadas para trombose, sequelas pós-trombóticas de insuficiência venosa e risco pronunciado de edema;
- Classe de compressão IV: pressão acima de 49 mmHg para linfedema ou elefantíase.

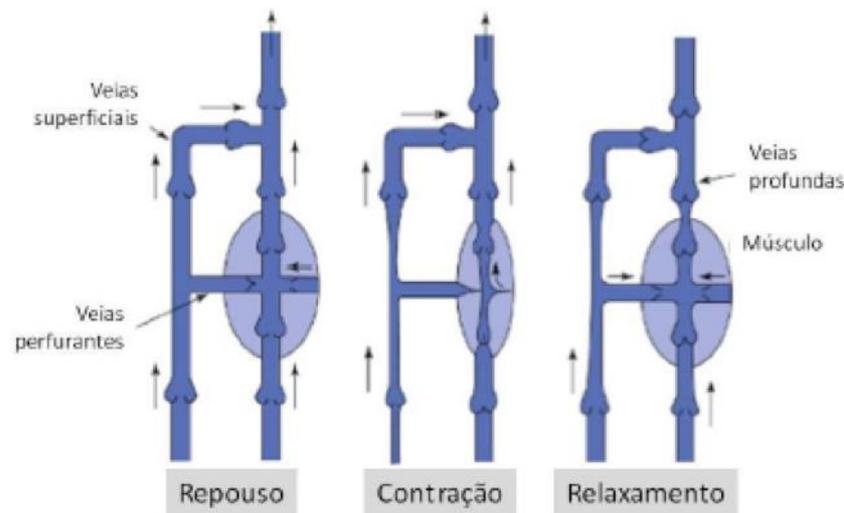
### 2.3.2. Compressão na área desportiva

Devido ao seu baixo custo e facilidade de utilização, têm sido preferidos a outros métodos mecânicos e farmacológicos, estando atualmente a ganhar extrema importância no desenvolvimento de vestuário altamente avançado para utilização também no campo desportivo (Pérez-Soriano et al., 2019; Priego et al., 2015).

Por este motivo, este tipo de vestuário têm cativado várias marcas de renome no mercado, tais como *Speedo®*, *Under Armour®*, *Nike®*, *Adidas®*, *Champion®*, entre outras, o que levou ao aparecimento de diferentes peças para aplicação de pressão em diversas partes do corpo (calções, *leggings*, t-shirts e meias de compressão).

A compressão externa proporcionada pelo vestuário pode fornecer melhorias no desempenho desportivo devido aos seguintes efeitos (Goncu Berk & Kahveci, 2019; Y. Liu, Fu, He, & Xiong, 2011; Lucas-Cuevas et al., 2017; Pérez-Soriano et al., 2019):

1. Aceleração da circulação sanguínea: A compressão faz com que os músculos relaxem contra o suporte de uma peça de vestuário e os vasos sanguíneos se expandem. As paredes das artérias dilatam-se, aumentando o fluxo sanguíneo através delas enquanto as paredes das veias contraem-se (figura 2.2). Desta forma, o retorno venoso de oxigénio aumenta e o trauma pós-exercício diminui;



**Figura 2. 2.** Dinâmica do fluxo venoso (Castilho Junior, 2015).

2. Redução da oscilação muscular: A estabilização fornecida aos músculos por meio de um vestuário de compressão ajuda a reduzir as lesões musculares e a melhorar a eficiência muscular;
3. Aumento da cinestesia muscular: Ter um vestuário de compressão contra as terminações nervosas da pele aumenta a consciência de membros específicos no espaço. Esta consciência ajuda a melhorar a postura, posição, agilidade e estabilidade durante uma atividade desportiva;
4. Redução das oscilações dos tecidos moles: micro-oscilações musculares aumentam a tensão muscular e a fadiga durante exercício. Para além disso, retarda a recuperação da fadiga, causando diminuição no desempenho desportivo. As características de extensão e recuperação do material do vestuário de compressão induz compressão muscular, o que ajuda a reduzir as micro-oscilações musculares e apoiam o movimento muscular durante o exercício. As reduções das oscilações musculares levam a uma suavidade da circulação sanguínea, diminuindo assim a fadiga muscular e aumento do desempenho desportivo.

Nos tempos que correm existe cada vez mais o hábito humano para a prática de atividades de resistência, como triatlo, maratonas e corridas de aventura (trail). Por isso, o mercado tem crescido na oferta de artigos têxteis para prática de desporto casual e profissional, tendo cada vez mais soluções para melhor desempenho, conforto ergonómico, sensorial e térmico. Por este motivo, neste trabalho

serão abordadas detalhadamente as características das meias de compressão para prática de desporto, nomeadamente o tipo de estrutura e composição da malha.

## 2.4. Compressão e controle sensório-motor

Diversos estudos provam que o vestuário de compressão proporciona maior estabilidade muscular. Barss *et al.*, (2018) foram mais longe na investigação e procuraram estudar os efeitos do vestuário de compressão no controle sensório-motor (Barss, Pearcey, Munro, Bishop, & Zehr, 2018). Os resultados obtidos com vestuário nos membros superiores mostram que a compressão ativa os mecano-receptores e com isso a compressão altera a excitabilidade de várias vias dentro do sistema nervoso central, aumentando a precisão e a sensibilidade.

## 2.5. Fibras utilizadas no vestuário desportivo

O desempenho, eficiência e bem-estar de um desportista está também diretamente relacionado com o vestuário que usa, ou seja, conforto. Propriedades térmicas, de permeabilidade e de absorção, são algumas das características mais importantes e requisitos que fazem a diferença no tipo de fibras que o tecido do vestuário desportivo é composto. Um estudo efetuado por Hassan *et al.*, (2012) demonstra que fibras sintéticas tem melhores resultados quando usados em tecidos de vestuário desportivo. Esse estudo utilizou três tipos de tecidos com composição 100% algodão, 65/35% mistura de poliéster/algodão e 100% poliéster, testados em voluntários durante exercício físico. A amostra com 100% de poliéster produziu as melhores respostas fisiológicas e desempenho dos atletas. Esse efeito pode estar relacionado a uma melhor gestão da humidade, refletida na quantidade de permeabilidade relativa ao vapor de água (tabela 2.1) e menor condutividade térmica. Implica uma melhor regulação da temperatura do corpo, levando a aumentar a aptidão cardiorrespiratória e o desempenho dos atletas.

**Tabela 2. 1.** Valores das propriedades térmicas dos tecidos quanto à condutividade, absorvidade, resistência e fluxo de calor. Adaptado de (Hassan et al., 2012).

Tipo de tecido	Condutividade térmica ( $\lambda$ ), W/mK	Absortividade térmica (b), W.m-2s1/2.K-1	Resistência térmica (r), K.m2/W	Fluxo de calor (q), W/m2
100% algodão	22.7 $\pm$ 0.07	56.0 $\pm$ 1.62	31.98 $\pm$ 0.60	0.0104 $\pm$ 0.00025
65% poliéster 35% algodão	21.4 $\pm$ 0.08	51.3 $\pm$ 2.36	34.44 $\pm$ 0.47	0.0094 $\pm$ 0.00024
100% poliéster	19.3 $\pm$ 0.09	47.5 $\pm$ 2.02	27.74 $\pm$ 0.63	0.0088 $\pm$ 0.00025

O estudo, estatisticamente, mostrou uma alta correlação entre espessura do tecido, porosidade do tecido, permeabilidade ao ar, permeabilidade relativa ao vapor de água, propriedades térmicas do tecido e respostas fisiológicas dos atletas.

Os resultados da amostra com 100% poliéster mostraram ainda que transporta a transpiração de forma rápida e eficaz para longe do corpo, pois a permeabilidade relativa ao vapor de água foi maior que as outras duas amostras (tabela 2.2). Tecidos à base de algodão tem tendência a ficar mais húmidos, maior absorção da transpiração mas provocando sensação de desconforto (Hassan et al., 2012).

**Tabela 2. 2.** Valores da permeabilidade ao ar e vapor. Adaptado de (Hassan et al., 2012).

Tipo de tecido	Permeabilidade ao ar e vapor	
	Permeabilidade ao ar, l/m <sup>2</sup> /s	Permeabilidade relativa ao vapor de água, %
100% algodão	1403 ± 40.1	56.14 ± 0.289
65% poliéster 35% algodão	1416 ± 18.1	52.98 ± 0.271
100% poliéster	1670 ± 13.3	68.36    0.710

## 2.6. Meias de Compressão desportiva

A popularidade das meias de compressão aumentou substancialmente entre os atletas, particularmente aqueles que participam em provas de resistência, como corrida e triatlo com o intuito de melhorar o desempenho e/ou diminuir o tempo de recuperação. As meias de compressão foram originalmente desenvolvidas para o tratamento de trombose venosa profunda (Rosengarten, Laird, Jeyasingh, & Martin, 1970; Sari & Oğlakcioğlu, 2018), mas tem sido aplicada como uma ferramenta para melhorar o retorno venoso, acreditando-se que isso melhora, quer o desempenho quer a recuperação em atletas. A utilização de meias de compressão durante o exercício físico visa ajudar a bomba muscular, aumentar a velocidade venosa profunda e/ou diminuir a acumulação de sangue nas veias dos gémeos e aliviar a dor muscular tardia (Rider et al., 2014; Stanek, 2017; Sugisawa et al., 2016).

Numerosos estudos têm ilustrado os benefícios da utilização de meias de compressão na prática desportiva (Ali, Caine, & Snow, 2007). Figueiredo *et al.* (2011) avaliou os níveis de biomarcadores de lesão muscular em atletas profissionais após exercícios muscular com e sem utilização de meia de compressão. O trabalho realizado por estes autores demonstrou que a utilização de meias de compressão durante o exercício físico está associada a níveis baixos dos biomarcadores de lesão

muscular, comprovando assim a eficácia da utilização deste tipo de meias na atividade desportiva (Figueiredo, Figueiredo, & Silva, 2011). Um outro estudo publicado por Hill *et. al.*, (2013) também comprovou que a utilização de meias de compressão na atividade desportiva tem um efeito positivo na recuperação muscular. Estes autores avaliaram este efeito através da medição da força muscular, potência muscular, aparecimento tardio da dor muscular bem como quantificação dos níveis de creatina quinase (Hill, Howatson, Van Someren, Leeder, & Pedlar, 2014).

A eficiência da utilização de meias de compressão em jogadores de futebol também já foi estudada (Gimenes et al., 2019). Este estudo revelou que jogadores de futebol quando utilizam as meias de compressão entre jogos consecutivos, espaçados por um curto período, apresentam melhores níveis de recuperação após o segundo jogo com menores dores musculares e um aumento do desempenho em corridas de elevada velocidade. A nível da perceção de esforço e frequência cardíaca não foram verificadas alterações significativas entre jogadores que utilizaram meias de compressão e jogadores sem meias de compressão. Um estudo semelhante foi realizado em jogadoras do sexo feminino, onde também comprovaram que a utilização de meias de compressão diminuiu a fadiga após a partida de futebol (Pavin et al., 2019).

Relativamente aos efeitos das meias de compressão em atletas corredores maratonistas foram realizados estudos durante 6 semanas antes de uma competição com vestuário de compressão para se familiarizarem e avaliar se o impacto mudou após a rotina de exercício. Foram avaliadas alterações estruturais nos parâmetros da arquitetura muscular, com recurso ao diagnóstico de ultrassons. Concluíram um possível impacto protetor com uma redução nas circunferências do tornozelo, possivelmente relacionadas ao inchaço atenuado, detetado ao longo do tempo, após a corrida. No entanto, outros parâmetros considerados não mostraram diferenças estatisticamente significativas. Por outro lado, a utilização deste tipo de vestuário de compressão pode estar associada a mais desconforto nas canelas. O estudo revelou melhorias nas 48 horas após a corrida, já durante o treino não foram registados valores significativos. Há evidências limitadas a favor da utilização de vestuário de compressão abaixo do joelho, disponíveis no mercado, durante eventos de corrida de longa distância para fins de recuperação muscular (Geldenhuis, Swart, & Bosch, 2019). Apesar dos resultados apresentados por estes estudos, diversos autores defendem que o aumento do desempenho de corredores maratonistas que utilizam meias de compressão vão além dos aspetos físicos de recuperação, nomeadamente na melhoria da mecânica da corrida, na redução da micro-oscilação muscular bem como melhoria na robustez articular (MacRae, Laing, Niven, & Cotter, 2012). Para além disso, os estudos realizados por Mann *et al.*, (2016) a corredores amadores com e sem meias de compressão comprovaram um aumento

significativo da reserva arterial e do fluxo sanguíneo arterial quando comparado com os corredores sem utilização de meias. A utilização de meias de compressão tem um efeito positivo no fluxo e no volume sanguíneo, ou seja, leva a um aumento da circulação. Este mesmo estudo foi realizado para avaliar a produção de lactato onde concluíram que os valores registados não apresentavam diferenças significativas entre utilização e não utilização de meias de compressão (Mann, Ultsch, Dietl, & Jansen, 2016).

Recentemente Mota *et al.*, (2020) fizeram uma revisão sobre todos os estudos efetuados sobre meias de compressão num total de 1067, que após critérios, como idioma, publicações em duplicado, títulos e outros, da seleção resumiram-se a um total de 21, todos relacionados com meias de compressão abaixo do joelho. Desse total, 76% estudaram os efeitos durante corrida, 10% durante atividade da prática de futebol e as restantes, nas atividades de triatlo, exercício para pantorrilha e ciclo-ergómetro.

Apenas dois estudos encontraram algum efeito benéfico no uso de meias de compressão no desempenho e um terceiro estudo demonstrou a melhoria posteriormente ao desempenho. Dois estudos não encontraram efeitos do uso de meias de compressão, mas os autores destacaram que promoveu benefícios para alguns indivíduos. Os principais efeitos das meias de compressão são apresentados com compressões entre 20 e 30 mmHg. A gama entre os valores mínimos de compressão é de 12 a 28 mmHg, enquanto os valores máximos variam de 15 a 33 mmHg.

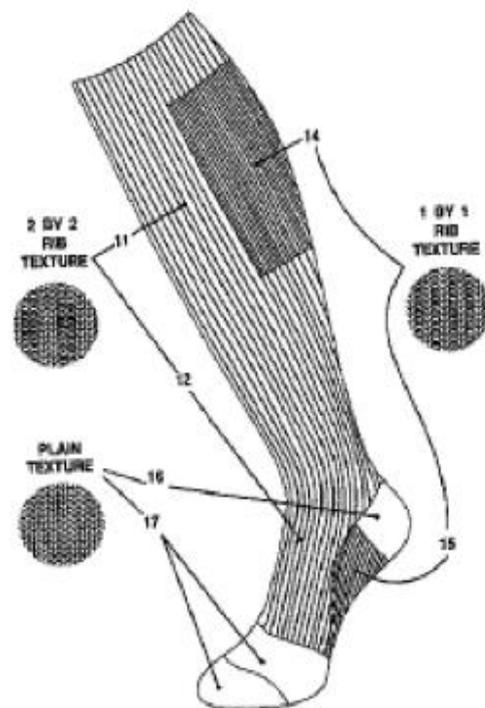
Este estudo verificou que apenas um pequeno número de estudos obtiveram resultados positivos ao nível do desempenho. No entanto, alguns verificaram de que o uso de meias de compressão pode beneficiar os indicadores de fadiga muscular e dor muscular imediatamente após e horas após uma sessão de exercício. Menor fadiga muscular e dor muscular podem ser úteis em exercícios de pequenos períodos de tempo de recuperação ou em períodos mais prolongados. Consideram que os profissionais de medicina desportiva devem considerar as respostas individuais, na melhoria do desempenho e um potencial efeito placebo (Mota, de Moura Simim, dos Santos, Sasaki, & Marocolo, 2020).

## **2.6.1. Fatores que afetam o desempenho das meias de compressão usadas no desporto**

### **2.6.1.1. Composição da meia de compressão**

As vantagens obtidas com a utilização de meias de compressão têm sido melhoradas com o desenvolvimento de meias compostas por diferentes tipos de estruturas de malhas e fibras, capazes de exercer diferentes perfis de pressão em cada uma das regiões da perna. Estas meias podem ser fabricadas a partir de diversos materiais, tais como fibras de poliéster, poliamida, poliuretano,

elastoméricas, entre outros. A combinação dos diferentes tipos de materiais e malhas permite conferir à meia zonas de expansibilidade, com fios mais macios, ou zonas de maior robustez (figura 2.3) (Jeong, 2011; Thorneburg, 1981). Para além destes efeitos, a utilização de diferentes tipos de malhas nas diferentes zonas da perna permitem controlar a força de compressão através da tecnologia de fabrico que aplica múltiplas regiões de tração lateral do fio elástico, promovendo o fluxo sanguíneo nos membros inferiores. Além disso, ao comprimir os tornozelos com alta elasticidade, estes podem ser protegidos pelas meias que atuam como faixa protetora. As meias produzidas por estas tecnologias também podem impedir a acumulação de calor na meia, absorvendo e emitindo-o para fora, reduzindo a sensação dos pés abafados causadas pelas elevadas temperaturas (Jeong, 2011). No estudo publicado por Yao *et al.* (2010) foram demonstrados os melhores parâmetros para o desenvolvimento de vestuário de alto desempenho para prática desportiva. A aplicação de malhas de compressão permitiu aos atletas correr maiores distâncias numa velocidade mais rápida, uma melhor gestão das lesões devido à diminuição da oscilação dos músculos, melhoria na oxigenação dos tecidos e consequente aumento da força muscular. Para além disso, o *design* das malhas permitiu uma melhor gestão da transpiração e fluxo de calor bem como na gestão da fadiga muscular e riscos de lesão (Yao, 2010).



**Figura 2. 3.** Representação esquemática de uma meia de compressão com diferentes combinações de materiais e malhas (Jeong, 2011).

O aumento da atividade desportiva aliado com a exigência de conforto e melhorias de desempenho por parte dos atletas tem levado ao aparecimento de novas meias de compressão lançadas por inúmeras empresas. Marcas como *Compressport*® (figura 2.4), fortes no mercado de vestuário de compressão, desenvolve estes produtos fornecendo as seguintes vantagens:

- Limitação do Dano muscular;
- Adiamento da Fadiga muscular;
- Melhoria do desempenho prolongado;
- Atraso ou inibição da Dor muscular.

O risco de lesões, nomeadamente, tendinites, dores nas canelas e lesões musculares serão menores uma vez que a compressão exercida pelas meias fornece um suporte eficaz e garante menos *stress* nas articulações e tendões. Para além disso, a *Compressport*® ativa os recetores cutâneos e musculares, aumentando o *feedback* proprioceptivo. Este tipo de meia melhora ainda a postura corporal durante o exercício.



**Figura 2. 4.** Meias Compressport® (fonte: <https://www.compressport.com/category/sport/page/5/>).

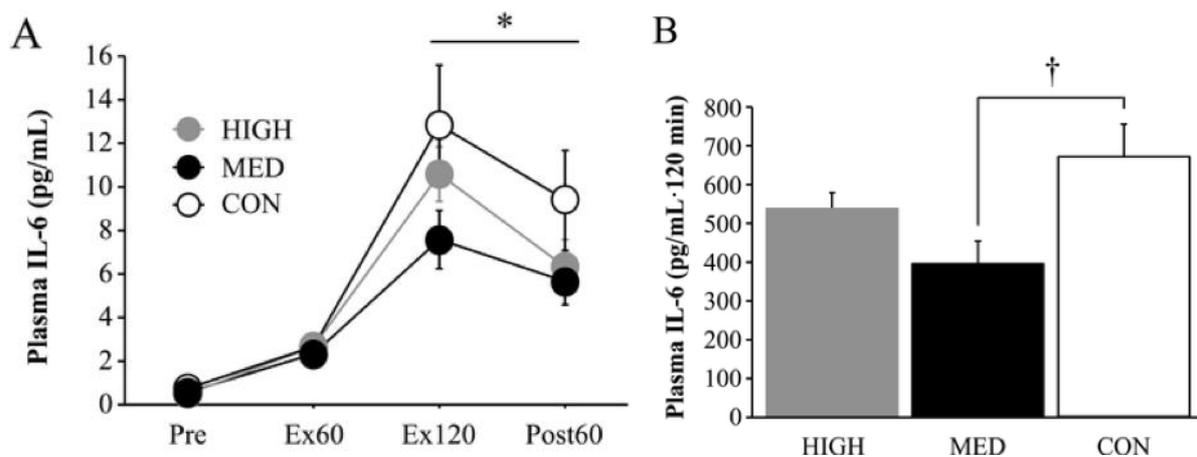
#### 2.6.1.2. Nível de compressão das meias desportivas

Alguns estudos desenvolvidos tentam encontrar quais os valores de compressão ideais para o bom desempenho ou obtenção de melhores resultados ao nível de recuperação muscular (tabela 2.3). Vários estudos foram realizados para compreender os efeitos da utilização de vestuário de compressão nos membros inferiores, avaliando diferentes níveis de pressão durante uma corrida prolongada bem como a análise dos danos musculares resultantes do exercício efetuado e resposta inflamatória. Concluíram

que níveis de compressão de 15 mmHg na coxa e panturrilha atenuou a diminuição no desempenho da corrida por comparação com níveis de 30 mmHg. Também analisaram os aumentos da frequência cardíaca e da concentração de interleucina-6 (molécula produzida e libertada no músculo esquelético em resposta ao exercício) induzidos pelo exercício. Estas análises mostraram que os valores foram significativamente menores em indivíduos que utilizaram vestuário de compressão de 15 mmHg do que com vestuário de 5 mmHg (figura 2.5) (Mizuno, Arai, Todoko, Yamada, & Goto, 2017).

**Tabela 2. 3.** Níveis de compressão (Mizuno et al., 2017).

	Compression at thigh	Compression at calf
	(mmHg)	(mmHg)
HIGH	26.9 ± 3.3	29.2 ± 3.8
	[22.6–32.8]	[24.5–37.7]
MED	16.1 ± 2.0	17.9 ± 3.5
	[14.3–20.1]	[14.9–25.5]
CON	4.4 ± 1.2	3.0 ± 1.6
	[2.5–5.8]	[0.7–4.8]



**Figura 2. 5.** Resultados dos valores de plasma interleucina 6 para diferentes níveis de compressão (Mizuno et al., 2017).

### 2.6.1.3. Transpirabilidade

Um dos pontos também importantes para um bom desempenho no desportista é o conforto em relação sensação de humidade, daí ser importante as diferentes estruturas ao longo da meia de forma a melhorar a remoção de suor. Desta forma, o controlo da humidade foi alvo de grandes inovações nos últimos tempos, nomeadamente na procura de fibras e tecidos técnicos projetados para afastar a humidade da pele. Um exemplo disso inclui a marca COOLMAX® da INVISTA. Os fios desta marca são

baseados em poliéster de baixo peso, constituído por fibras de 4 canais que transportam a humidade do interior do vestuário para o exterior, repelindo a humidade da pele.

Vários estudos têm sido desenvolvidos para perceberem a distribuição de suor no pé humano (Smith et al., 2013). Estes estudos concluíram que o sexo masculino transpira muito mais que o sexo feminino, e que a zona dorsal do pé é aquela que apresenta maiores níveis de saturação. Neste estudo observaram-se dois padrões gerais de distribuição de suor, baixas taxas de secreção da sola e do pé lateral e com saturação significativamente maior das superfícies dorsais.

Diferentes estruturas e fibras com diferentes propriedades podem ser utilizados para melhorar o conforto se aplicados a diferentes superfícies do pé e da perna.

#### 2.6.1.4. Matéria-prima e produção de meias de compressão de desporto

Uma das características importantes na construção de uma meia de compressão são as fibras que a constituem, sendo as suas propriedades mecânicas e elásticas que garantem a eficácia no alongamento e recuperação da malha. Fibras como poliuretano, fibras de poliéster como poli(butilenotereftalato) (PBT) e fibras de politereftaleno tereftalato (PTT), fibras elastoméricas à base de olefinas e fibra de bi-componente são as mais utilizadas para esta finalidade (Xiong & Tao, 2018).

A combinação de diferentes fibras e estruturas de malhas fornecem meias com diferentes desempenhos mediante o tipo e intensidade de modalidade que se pretende realizar. O trabalho reportado por Bertaux, *et al.* (2010), comprovou que as meias de compressão à base de fibras sintéticas têm melhores resultados para os utilizadores de caminhada e corrida (Tabela 2.4)(Bertaux et al., 2010).

**Tabela 2. 4.** Composição da meia. Adaptado de (Bertaux et al., 2010)

Meia	Atividade	Dedos do Pé	Planta do pé	Calcanhar
A	Caminhada	Poliéster/Poliamida	Poliéster/Poliamida	Poliéster/Poliamida
B	Caminhada	Poliéster/PTFE/Poliamida	Poliéster/Poliamida	Poliéster/PTFE/Poliamida
C	Caminhada	Poliéster/Algodão/Poliamida/Acrílico	Poliéster/Algodão/Poliamida/Acrílico	Poliéster/Algodão/Poliamida/Acrílico
D	Corrida	Algodão/Poliamida	Algodão/Poliamida	Poliamida
E	Corrida	Poliamida/PTFE	Poliamida	Poliamida/PTFE
F	Corrida	Polipropileno	Poliamida/Polipropileno	Poliamida

Foram efetuados testes relativamente aos coeficientes de atrito, superfície e capacidade de reter humidade. Os resultados revelaram que as melhores meias para atividades curtas são as baseadas em poliéster/PTFE/poliamida uma vez que mostraram ser as mais confortáveis, apresentando coeficientes

de atrito mais baixos em condições secas. Por outro lado, em condições de molhado, a meia à base de poliéster/poliamida tem melhores resultados. Para atividades longas, os resultados apontaram que as meias à base de Poliamida/PTFE são as mais adequadas (Tabela 2.5). Este estudo revelou que existe uma relação entre a constituição das fibras e coeficiente de atrito. Para além disso, comprovou que as meias à base de fibras sintéticas previnem a formação de bolhas, promovem mais absorção, mantêm o pé mais seco (Bertaux et al., 2010).

**Tabela 2. 5.** Resultados coeficiente de atrito nos diferentes estados da meia. Adaptado de (Bertaux et al., 2010).

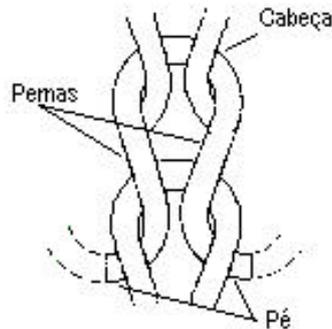
Meia	Parte da meia	COF início seco	COF final seco	COF início molhado 1	COF final molhado 1	COF início molhado 2	COF final molhado 2	Rigidez da superfície Ra (µm)	Teor de água (g)
Meia A	Todas as partes	0.325	0.327	0.403	0.417	0.430	0.412	838	4.71
	Dedos do pé	0.320	0.328	0.416	0.439	0.453	0.463	810	2.55
Meia B	Planta do pé	0.342	0.348	0.425	0.448	0.446	0.450	560	4.42
	Calcanhar	0.335	0.336	0.419	0.449	0.448	0.453	801	3.76
Meia C	Todas as partes	0.341	0.353	0.431	0.433	0.445	0.444	683	3.01
Meia D	Dedos e Planta do pé	0.340	0.311	0.525	0.541	0.564	0.577	598	5.58
	Calcanhar	0.324	0.294	0.448	0.465	0.495	0.495	348	4.95
Meia E	Dedos do pé	0.268	0.252	0.405	0.410	0.416	0.411	375	5.82
	Planta do pé	0.339	0.301	0.472	0.472	0.478	0.475	836	8.39
	Calcanhar	0.257	0.239	0.395	0.380	0.385	0.384	626	1.06
Meia F	Dedos do pé	0.321	0.344	0.505	0.501	0.520	0.517	894	4.57
	Planta do pé	0.323	0.331	0.466	0.386	0.457	0.407	251	3.87
	Calcanhar	0.307	0.269	0.431	0.304	0.439	0.431	402	4.52

### 2.6.1.5. Técnica de Tricotagem das malhas

A tricotagem da malha de trama é o método de produzir tecido a partir do entrelaçamento de laçadas de fio na direção horizontal (direção da trama), com um ou mais fios, alimentando simultaneamente ou sucessivamente um conjunto de agulhas adjacentes, dispostas lateralmente ou circularmente.

Na tricotagem da malha, o elemento essencial para a sua criação é a laçada. Segundo Spencer, a laçada é a unidade mais simples da estrutura da malha e é composta por cabeça, pernas e pés, conforme apresentado na figura 2.6. As pernas são ao elemento visível no direito da malha e responsável pelas linhas de fileiras e colunas que se vêem na malha. Os pés correspondem ao elemento de ligação entre as laçadas formadas pela agulha que está imediatamente antes e a agulha que está imediatamente a seguir. A cabeça é o elemento que liga as malhas no sentido das fileiras, ao entrançar-se nos pés da laçada

anterior. Em malhas simples este entrelaçamento é notavelmente visível no avesso da malha na qual apenas vemos a cabeça e os pés das laçadas.



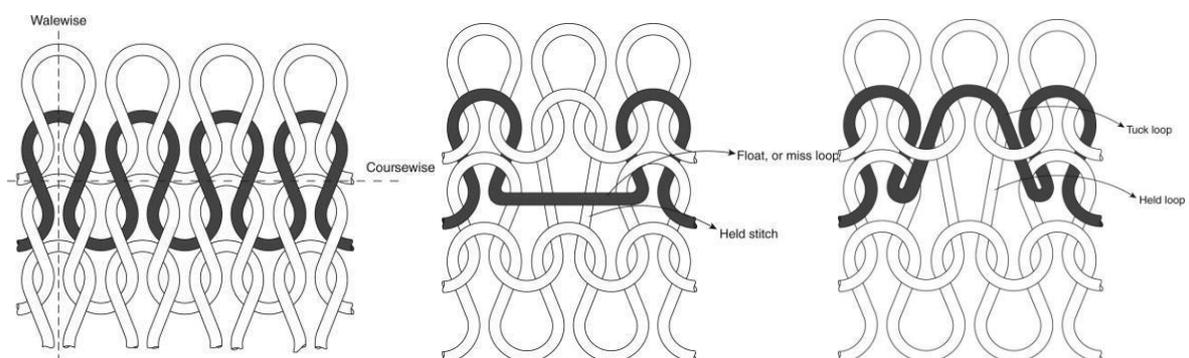
**Figura 2. 6.** Laçada de uma malha de trama (A. Catarino, 1998).

Na sua definição as estruturas de malha são compostas por uma ou mais das seguintes laçadas alternadas ou até mesmo combinadas em simultâneo, e estas podem ser laçadas normais, laçadas flutuantes e laçadas carregadas, conforme esquematizado na figura 2.7.

As laçadas normais são formadas quando a agulha é alimentada de fio na sua fase ascendente e a base sobre a laçada velha, previamente formada na sua haste, quando se encontra já na fase descendente, de maneira a formar a laçada.

As laçadas carregadas são formadas em duas fases, a agulha colhe duas laçadas sem descarregar nenhuma.

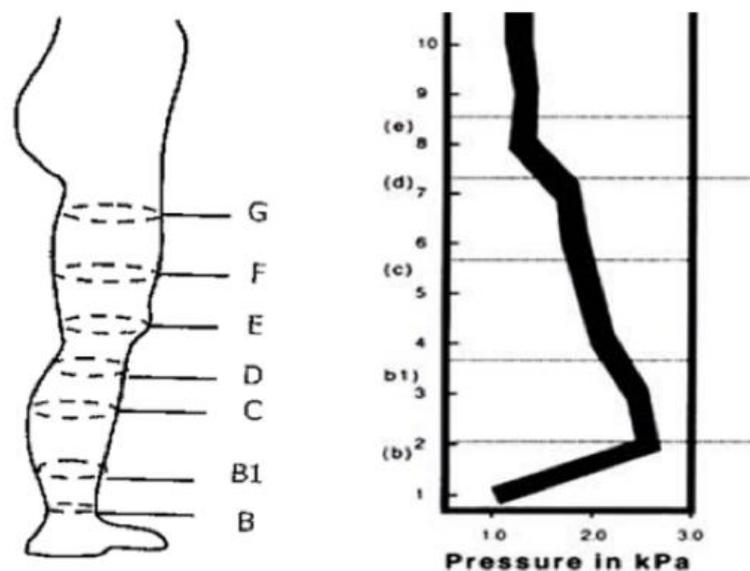
Laçadas flutuantes são formadas quando num ou mais alimentadores, a agulha não sai do ponto de repouso, ficando a reter a laçada velha fazendo com que o fio que iria formar a nova laçada fique solto (a flutuar) entre as laçadas das agulhas anterior e posterior.



**Figura 2. 7.** Laçadas Normal, Carregada e Flutuante (Francis & Sparkes, 2011).

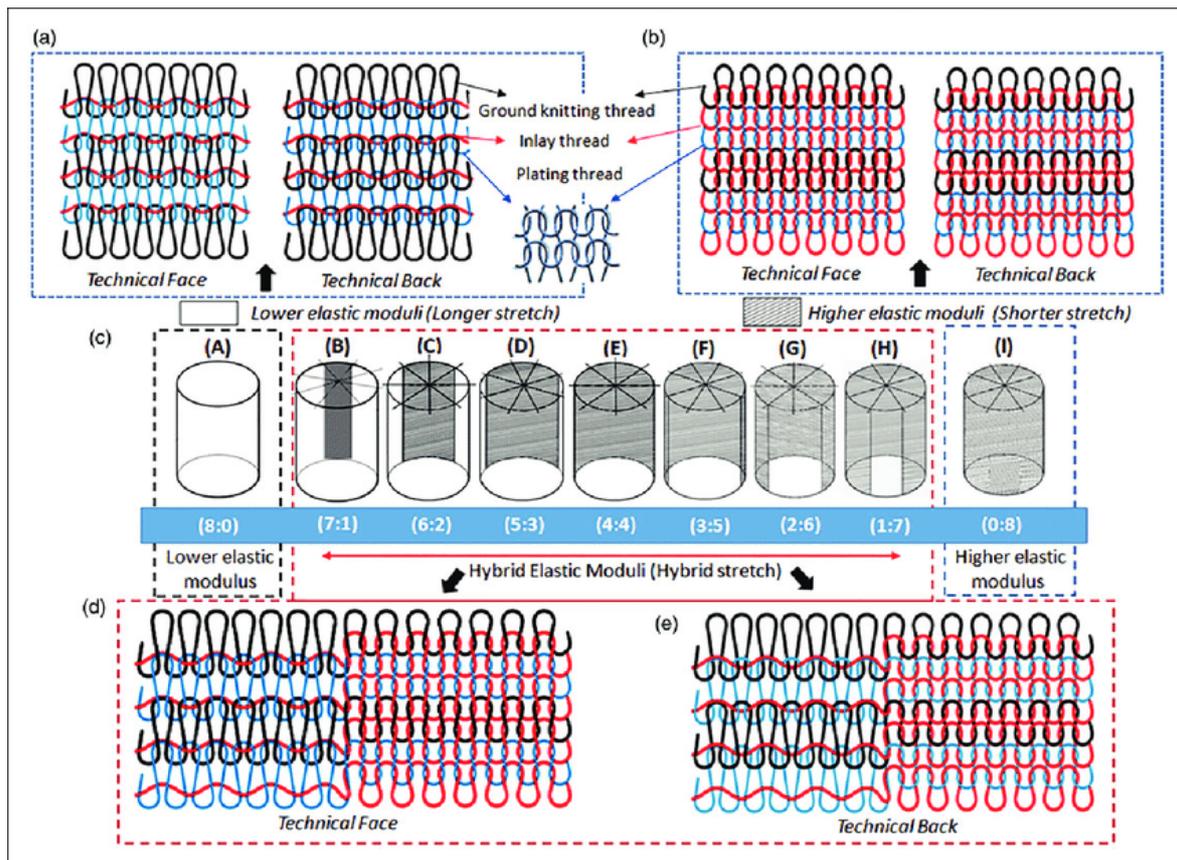
Pela combinação das laçadas podemos ter diversos tipos de malhas com diferentes características. As estruturas que envolvem laçadas normais e flutuantes fazem com que a malha estique menos, já a combinação de estruturas normais e carregadas permitem uma maior passagem de ar devido aos espaços criados pelas laçadas carregadas. Existem estruturas complexas que combinadas com a matéria-prima, aumentam consideravelmente a compressão.

Os fabricantes de meias de compressão fornecem meias com diferentes valores de pressão. Tipicamente verifica-se uma diminuição gradual dos níveis de compressão desde o tornozelo até à parte superior da perna, como demonstrado na figura 2.8 (Lin et al., 2013).



**Figura 2. 8.** Níveis de pressão normalmente verificados em meias de compressão (Lin et al., 2013).

Para um bom efeito de compressão foram desenvolvidas técnicas de tricotagem que conferem a aplicação destes níveis de pressão nas diferentes zonas da perna sem causar desconforto. Também têm sido desenvolvidos estudos de aplicação de malhas com zonas de compressão heterogénea (figura 2.9) apresentando propriedades elásticas híbridas através de tecnologias tridimensionais avançadas para o fabrico de malhas sem costura e num único *design* da meia. A compressão heterogénea fornecida ao longo da meia permite aplicar pressões “bi-axiais” melhorando as funções biomecânicas e desempenho de compressão (R. Liu, Lao, Little, Wu, & Ke, 2018).



**Figura 2. 9.** Representação da malha com tricotagem tridimensionais (a) face técnica e verso do painel com módulo de elasticidade inferior; (b) face técnica e verso do painel com maior módulo de elasticidade; (c) nove espécimes; e face técnica (d) e verso técnico (e) de painel com módulos elásticos híbridos (R. Liu et al., 2018).

As meias de compressão são produzidas maioritariamente com a tecnologia das malhas de trama. Existem teares retilíneos que produzem malhas planas, que posteriormente formam meias por recurso a costura. No entanto, essas meias não são as mais adequadas devido à costura, pode haver uma pressão prejudicial. Esse tipo de meia é apenas para uso médico em classes de alta compressão e deve ser feito sob medida para o paciente. Existe uma nova tecnologia desenvolvida pela fabricante alemã *Stoll*, e esta máquina de mesa tricota meias em forma sem costuras. Uma grande vantagem das meias planas é que essas meias de compressão não perdem a forma. A figura 2.10 apresenta um tear retilíneo de meias da *Stoll*.



**Figura 2. 10.** Máquina de tricotar plana (<https://www.directindustry.com/pt/prod/stoll/product-180256-1776542.html>).

Existe ainda a tecnologia de malhas de trama através de teares circulares. Esta tecnologia permite produzir tecidos em forma de tubo e por isso não há costura, exceto na frente dos dedos. Para as meias existem máquinas de tricotar circulares especiais com um diâmetro muito pequeno, são chamadas de máquinas de tricotar meias. A figura 2.11 mostra a máquina de tricotar com meias *Merz CC4*.



**Figura 2. 11.** Máquina de tricotar circular (<https://www.merz-mf.de/en/products.php>).

Os teares aqui apresentados são *full jacquard*, importante técnica, devido às suas inúmeras possibilidades de criação de qualquer tipo de estrutura na meia, podendo ser criados padrões coloridos com desenhos geométricos, florais ou quaisquer outros (Black, 2005), em que a maior característica é a liberdade total na escolha do ponto a tricotar.

A combinação entre fios e pontos podem ser criados os mais variados efeitos de superfícies. Franzidos, “vazados”, relevos, áreas de maior ou menor compressão, são efeitos obtidos pela variação de estruturas. Maior ajuste ou folga na perna são conseguidos numa mesma peça, por exemplo, com a inserção de fios com elastano, chegando por exemplo às tais meias de compressão bi-axial. O disporem de múltiplos guia-fios permite a combinação de fios com propriedades distintas na meia.

Os sistemas constituintes dos teares são o sistema de alimentação do fio, sistema de tricotagem e o sistema de tiragem (A. Catarino, 2014). O sistema de alimentação fornece o fio ao sistema de tricotagem e é composto por alimentadores, guia-fios, detetores de fios e esquinadeiras. O sistema de tricotagem é onde a malha é tricotada e é composta pelo cilindro onde se encontram as agulhas de lingueta e platinas; seletor eletrônico de fios; o disco, que contém os *jacks* de transferência, o anel de serra, lâminas de corte, molas prendedoras dos fios e bocais de aspiração; as comes com os mecanismos de seleção dos *jacks*; sistemas de monitorização como os detetores de quebra de fio, agulhas partidas, os abridores de lingueta e luzes sinalizadoras. O sistema de tiragem extrair a peça por sucção pronta do sistema de tricotagem, transportada por um tubo até o exterior da máquina.

A ação integrativa de diferentes tensões transversais e longitudinais pelos fios embutidos e pontos colocados pode gerar forças centrípetas em diferentes graus para passar sobre a superfície de contato curvada e o corpo.

Capítulo 3

---

# Método do trabalho experimental

### 3. Trabalho Experimental

#### 3.1. Caracterização mecânica das meias desportivas em estudo

Com o objetivo de estudar as características e propriedades das meias de compressão disponíveis no mercado para a prática desportiva, selecionaram-se cinco meias de desporto masculinas de marcas diferentes. Estas foram adquiridas e analisadas em termos de desempenho e conforto. Na tabela 3.1 estão apresentadas as meias analisadas bem como as suas especificações técnicas e físicas.

**Tabela 3. 1.** Especificações físicas das meias de compressão estudadas (segundo o fabricante).

MEIA	País do Fabricante	Composição	Compressão
MEIA A	Alemanha	85% Poliamida 15% Elastano	20-22 mmHg
MEIA B	Austrália	72% Nylon 28% Elastano	20-30 mmHg
MEIA C	Suíça	86% Nylon 10% Polipropileno 4% Elastano	N/A
MEIA D	Suíça	86% Nylon 10% Polipropileno 4% Elastano	N/A
MEIA E	Portugal	94% poliamida 6% elastano	10-15 mmHg

**Tabela 3.1.** Especificações físicas das meias de compressão estudadas (segundo o fabricante –continuação).

MEIA	Composição técnica	Recursos incorporados
MEIA A	Informação não disponível	Palmilha resistente à abrasão feita de poliamida
MEIA B	Tecnologia PWX	Gaiola de dedo do pé vinculada e acolchoamento de luz para maior conforto, antibacteriana, UPF50 + proteção solar
MEIA C	32% Nylon, 30% Skin NODOR®, 24% Robur™, 10% Mythlan™, 4% Elastano	AirConditioning Channel®, manguito auto-ajustável, bandagem X-Cross®, airflow Anklepads, protetor de dedo do pé, protetor ToeTip, protetor de calcanhar, Linhas de Posicionamento, Compressão Parcial, Protetor de Interno, Sistema de Canal de Fluxo de Ar Transversal, Palmilha Anatomicamente Moldada, Protetor de Tendão de Aquiles
MEIA D	32% Nylon, 30% Skin NODOR®, 24% Robur™, 10% Mythlan™, 4% Elastano	AirConditioning Channel®, manguito auto-ajustável, bandagem X-Cross®, airflow Anklepads, protetor de dedo do pé, protetor ToeTip, protetor de calcanhar, Linhas de Posicionamento, Compressão Parcial, Protetor de Interno, Sistema de Canal de Fluxo de Ar Transversal, Palmilha Anatomicamente Moldada, Protetor de Tendão de Aquiles
MEIA E	Informação não disponível	Melhor circulação sanguínea, Alívio da fadiga muscular, Suporte de pantorrilha, Punhos não vinculativos, Malha de alta ventilação, Proteção do tendão de Aquiles, Suporte de arco de pé, Costuras lisas e direitas

Este trabalho divide-se em dois tipos de avaliação: objetiva e subjetiva.

Na avaliação objetiva as meias foram submetidas a testes para avaliação quanto às suas características físicas e do conforto.

Nos testes ao nível da caracterização mecânica, foram realizados ensaios de resistência através do uso do dinamómetro pelo método de *Grab*, para determinar a força e a elasticidade de cada meia das diferentes marcas, com objetivo de simular a força exercida pela meia na perna.

Ao nível da caracterização das meias quanto ao seu conforto, foram realizados também ensaios à Espessura e ensaios quanto à Permeabilidade ao ar, de forma a entender se a espessura e a permeabilidade ao ar têm uma relação e apurar qual a meia com melhores resultados.

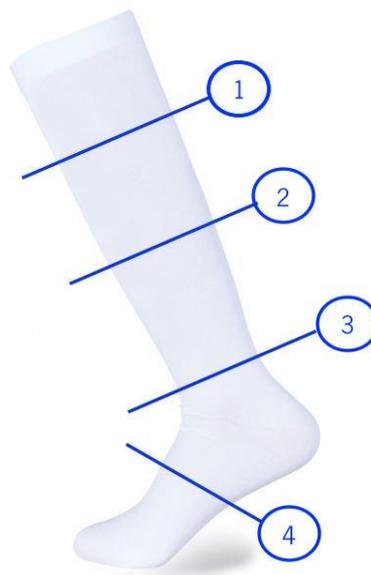
Foram realizados ensaios humanos através do uso de sensores de temperatura e humidade na perna durante uma corrida em passadeira, para o efeito foi elaborado um plano e protocolo para a sua realização.

Ao nível do conforto foram realizados ensaios humanos em simultâneo com o teste mecânico, usando a câmara termográfica para medir a libertação de calor e o uso do *Picopress* para medir a compressão durante a corrida. Para isso foi elaborado um plano e protocolo para sua realização. Foram também medidos o ritmo cardíaco e taxa de saturação de oxigénio apenas com o objetivo de controlar o estado dos voluntários durante os testes.

Na avaliação objetiva, foi elaborado um questionário sobre o conforto das meias que estavam a usar durante o ensaio do teste de corrida.

### 3.2. Métodos de caracterização

As meias serão submetidas a testes físicos em laboratório, planeados de acordo com os objetivos para os resultados a obter e o tempo determinado para este projeto. As propriedades a quantificar são: espessura e permeabilidade ao ar. Nos ensaios indicados, os testes de caracterização foram efetuados nas zonas representadas na figura 3.1:



**Figura 3. 1.** Zonas de medição para os diferentes testes a realizar: 1 – Zona da Pantorrilha; 2 - Zona do meio entre pantorrilha e tornozelo; 3 – Zona do tornozelo; 4 - Zona da planta/peito do pé.

### 3.2.1. Medição da espessura

As medições da espessura das meias foram realizadas utilizando o equipamento *Digital Thickness Gauge*, da SDL Internacional. A espessura de cada meia foi obtida através da medição em quatro pontos diferentes. Em cada teste foram feitas 10 medições para cada ponto. Para além disso, estas medidas foram realizadas em camada dupla com o intuito de não danificar as meias (figura 3.2).



Figura 3. 2. Medição da espessura em camada dupla com equipamento Digital Thickness Gauge (Fotos do autor).

### 3.2.2. Propriedades mecânicas

O dinamómetro é o equipamento usado para medira força e o alongamento obtido para quando a meia é submetida a uma tração (figura 3.3). Por norma este ensaio é realizado com o provete a ser alongado até a sua rutura, o que não se verificará neste estudo, pelo fato de não se ter interesse em destruir as meias. Cada meia será alongada no dinamómetro na zona do tornozelo (1), no meio (2) entre o tornozelo e o ponto mais forte da pantorrilha (3).



Figura 3. 3. Equipamento Dinamómetro Hounsfield (Fotos do autor).

As meias serão alongadas em cada um dos três pontos em dez círculos. O dinamómetro foi configurado com os seguintes parâmetros os mesmos valores fixos para todos os ciclos. A lista a seguir apresenta os parâmetros que não mudam:

- Faixa de carga: 200N - A força máxima do dinamómetro
- Faixa de extensão: 200mm - O tamanho da janela do diagrama
- Velocidade: 400mm / min - A velocidade das ferramentas de tração
- Pré-carregamento: 0,1N - O ponto inicial da medição

Os parâmetros variáveis são o comprimento entre as maxilas e o comprimento da extensão. O comprimento entre as maxilas são definidas na distância uma da outra, conforme a zona de medição da meia nos três pontos de medição (tornozelo, meio, pantorrilha). As maxilas precisavam definir um centímetro mais perto do que as medidas, para que possam agarrar as meias a cerca de cinco milímetros da borda de cada lado, conforme exemplificado na figura 3.4.

O segundo parâmetro variável, o comprimento da extensão, é sobre o quão longe as meias devem ser tracionadas pelo dinamómetro. Aqui é necessário medir os perímetros de uma perna masculina no tornozelo, no ponto mais forte da pantorrilha e no meio. Depois disso, subtrair um centímetro do perímetro para obter o comprimento de extensão correto para esse ponto de medição, que deve ser calculado para os três pontos da meia. Quando todos os parâmetros são definidos, as meias devem ser

colocadas entre as maxilas do dinamómetro, em um dos três pontos de medição e de seguida dá-se início ao teste. A máquina traciona a meia dez vezes até ao comprimento da extensão definido, e depois disso o computador apresenta as curvas dos resultados. De seguida, o teste precisa ser repetido nos outros dois pontos de medição.



Figura 3. 4. Meia colocada entre as maxilas no dinamómetro (Foto do autor).

### 3.2.3. Permeabilidade ao ar

A sensação de conforto que um vestuário proporciona depende de diversos fatores, como já relatado anteriormente, sendo a permeabilidade ao ar, uma das propriedades mais importantes. Os pés são uma das áreas com maior desenvolvimento de transpiração e calor do corpo humano, mas deve-se ter em conta toda a zona que a meia cobre. Se a malha que constitui as meias não for suficientemente

respirável, as meias não serão adequadas para a prática desportiva, uma vez que o suor e o vapor de água não é libertado pelo tecido e os pés aquecem até ao ponto de causar bastante desconforto ou até mesmo dor e na perna causar sensação de humidade e calor.

A permeabilidade ao ar é obtida através da aplicação de um fluxo de ar sob determinada pressão numa área específica, de forma que este atravesse o material têxtil a ser analisado. Este método permite avaliar a resistência de um tecido à passagem de um fluxo de ar numa área conhecida e está em conformidade com a norma DIN EN ISO 9237: 1995.

Nesta dissertação a permeabilidade ao ar das diferentes meias foi realizada utilizando o equipamento Textest Instruments FX3300 (figura 3.5) e uma cabeça de teste com tamanho número 5, para que o ar não passe pela lateral da meia. Como o teste foi realizado em material têxtil, a pressão recomendada foi de 100 Pa. A espessura das meias não foi testada em camada única, porque as meias não devem ser destruídas, portanto, foram testadas em camada dupla e em zonas onde a estrutura é idêntica. A perna e a palmilha foram medidas três vezes. Os resultados são apresentados em litro da unidade por metro quadrado por segundo ( $l / m^2 / s$ ) deste instrumento.



**Figura 3. 5.** Equipamento *Textest Instruments FX3300* utilizado para medição da permeabilidade ao ar.

### 3.3. Métodos de caracterização com voluntários

Estas meias serão submetidas a testes físicos em ginásio, utilizando vários equipamentos ao mesmo tempo, em 8 voluntários saudáveis com hábitos de atividades desportivas regulares e sem lesões musculares, que poderiam afetar os resultados. Os 8 voluntários são homens com as seguintes características: 21 a 40 anos, 170 +10 cm, 66 +14 kg. Os voluntários foram informados de todos os procedimentos experimentais e assinaram um termo de consentimento por escrito (Anexo II). Mediante a informação recolhida foi fornecida a meia adequada ao seu tamanho.

Os voluntários iniciam a corrida em passadeira sem inclinação no ginásio da instituição da Universidade do Minho à velocidade 12km/h durante 12 minutos, sendo registados valores a partir de 4 sensores para medição de temperatura e humidade da perna esquerda, na frente e traseira da zona do tornozelo, e na frente e traseira da zona da pantorrilha. Foi colocada uma sonda ultra-planar *Picopress* na zona da pantorrilha e colocado no pulso um oxímetro para medição dos batimentos cardíacos e saturação de oxigénio. A avaria do equipamento *Picopress* comprometeu grande parte deste plano de testes, os quais só foram possíveis realizar 5 e apenas para a meia E.



Figura 3. 6. Teste de corrida em passadeira com equipamentos de registo (fonte do autor).

### 3.3.1. Força compressão

A força de compressão das meias foi medida utilizando o equipamento *Picopress* (figura 3.7), um transdutor de pressão pneumático composto por uma sonda ultra-planar na qual é injetado ar antes de cada medição permitindo fazer leituras de pressão estáticas e dinâmicas. As forças de compressão das meias foram medidas em três períodos de tempo nos ensaios realizados: antes, durante e no final da corrida. Em modo de ensaio estático, foi medida a compressão em três pontos da meia (tornozelo, pantorrilha e no meio), antes e depois do teste de corrida na passadeira.

Utilizou-se o *Picopress* durante o teste da passadeira em modo de leitura dinâmico com registo em cada 0,25 ms dos valores de compressão na zona da pantorrilha da perna esquerda de cada voluntário.



**Figura 3. 7.** Equipamento Picopress utilizado para medição da compressão (fonte: <https://www.vipmedikal.com.tr/wp-content/uploads/2016/02/PicoPress.pdf>).

### 3.3.2. Ritmo Cardíaco e Taxa Saturação

Para a medição do ritmo cardíaco e taxa de saturação de oxigénio recorreu-se ao oxímetro de pulso MD300W, que é um pequeno dispositivo usado no pulso, indicado para uso na medição, exibição e armazenamento da saturação funcional de oxigénio da hemoglobina arterial ( $SpO_2$ ) e do ritmo cardíaco.



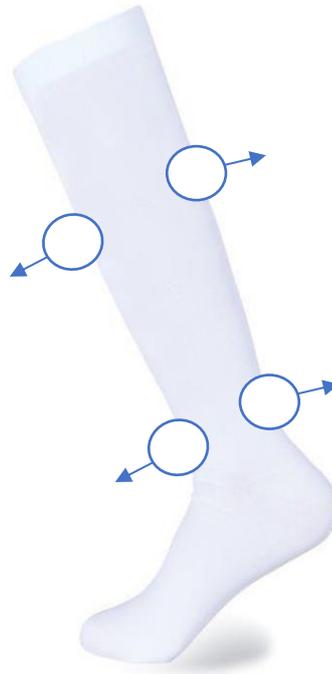
**Figura 3. 8.** Equipamento oxímetro de pulso MD300W  
(fonte: <https://www.echostore.com/wrist-oximeter-md300w.html>).

### 3.3.3. Sensores temperatura e humidade

Para análise do comportamento dos voluntários quanto a temperatura e humidade, foram utilizados sensores *Thermodata* (figura 3.9) durante o período de corrida colocados estrategicamente na zona da frente e traseira da pantorrilha, e na zona da frente e traseira do tornozelo, conforme figura 3.10, face às diferentes estruturas da malha que a meia apresenta para refrigeração ou proteção.



**Figura 3. 9.** Equipamento *Thermodata*  
(fonte: <https://nz.element14.com/maxim-integrated-products/ds1921k/starter-kit-rfid/dp/2729051>)



**Figura 3. 10.** Zonas de medição dos sensores de temperatura e humidade Thermodata: – Zona da Frente e trás da Pantorrilha; – Zona da frente e trás tornozelo;

### 3.3.4. Câmara termográfica

Para a medição da temperatura localizada foi usada uma câmara termográfica da Testo, modelo 850 (figura 3.11). Foram tiradas fotos antes e após o teste da passadeira, para avaliação de alterações ao nível da temperatura nas diferentes zonas da perna, pelo uso de meias de compressão. As imagens usadas foram trabalhadas no programa de análise termográfica *testo IRSoft* com a sobreposição da imagem real com a termográfica por realce das zonas mais quentes e mais frias.



**Figura 3. 11.** Câmara térmica Testo modelo 850 (fonte: <https://testo.nz/products/testo-885-2-thermal-imaging-camera-ideal-for-industrial-and-building-thermography-p-o-a>)

### 3.4. Inquérito aos voluntários

A realização de inquéritos consiste num instrumento para conhecer a perceção dos utilizadores relativamente a um determinado produto. Tendo em conta que o trabalho se destina a caracterização física de meias desportivas sob o ponto de vista do conforto, o inquérito teve como objetivo identificar as sensações percebidas pelos atletas em relação às características das meias de compressão.

Definidos os objetivos para obtenção de resultados pretendidos, elaborou-se um inquérito (anexo 1), que, após testado e verificada a sua aplicabilidade, os atletas não profissionais foram previamente orientados, a preencher uma parte antes da corrida e outras após a corrida, de forma a que avaliação seja o mais aproximada da realidade.

O inquérito foi estruturado da seguinte forma:

- Informação dos voluntários, como idade, peso, altura, tamanho de pé e pantorrilha, para que pudessem usar o tamanho mais correto de meias de compressão na realização do exercício.
- Antes da corrida, foram abordadas questões relativamente a sensação de conforto quanto a temperatura, respirabilidade, facilidade ou dificuldade ao vestir e *design*.
- Após a corrida, foram abordadas basicamente as mesmas questões relativamente a sensação de conforto quanto à temperatura, respirabilidade, e algumas questões abertas sobre as meias em causa.

Na sua maioria, as questões são fechadas, mas sob alguns aspetos foi necessária a utilização de questões abertas.

# Resultados e análise de resultados

## 4. Resultados

### 4.1. Análise de resultados dos ensaios laboratoriais

#### 4.1.1. Medição da espessura

Na medição da espessura obtiveram-se os resultados representados na tabela 4.1:

**Tabela 4. 1.** Resultados da espessura média das diferentes meias obtidas pelo equipamento Digital Thickness Gauge.

Meia	Espessura Média (mm)			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Meia A	2,35	2,30	3,20	3,11
Meia B	2,43	2,55	3,38	3,28
Meia C	3,36	<b>2,85</b>	3,50	3,28
Meia D	<b>3,65</b>	2,83	<b>4,32</b>	<b>3,43</b>
Meia E	1,97	2,11	3,90	2,31

Os resultados obtidos mostram que as meias do modelo “D” têm o material mais grosso na zona 1 devendo-se à sua estrutura de malha técnica espessa e ondulada. Por outro lado, as meias do modelo “E” são as que têm o material mais fino. Na zona 2 a meia C apresenta o valor mais alto e meia E a menos espessa. Nas zonas 3 e 4 a meia D apresenta os valores de espessura mais altos devido às suas estruturas de proteção do tendão de Aquiles e planta/peito do pé.

#### 4.1.2. Propriedades mecânicas

Os resultados obtidos estão representados na tabela 4.2 determinando o valor da força (N) quando a meia está tracionada a 50% do tamanho da zona de teste e o valor da força (N) exercida para uma extensão (mm) das dimensões médias da perna dos atletas como forma de simulação da força que a meia exerce nas diferentes zonas.

**Tabela 4. 2.** Força média por zona para as diferentes meias obtidas pelo equipamento Hounsfield.

MEIA	Força média (N)					
	Zona 1 (N)		Zona 2 (N)		Zona 3 (N)	
	50% extensão	90mm extensão	50% extensão	55mm extensão	50% extensão	45mm extensão
MEIA A	13	30	8	14	15	17
MEIA B	10	27	9	12	10	15
MEIA C	6	15	4	7	4	6
MEIA D	6	16	4	7	6	10
MEIA E	8	20	5	9	12	14

Nos resultados obtidos, verifica-se que a meia A apresenta na maior parte das zonas os valores de força (N) mais altos, indicando ser uma meia que exerce mais compressão. A meia C apresenta os valores de força (N) mais baixos em todas as zonas da meia.

#### 4.1.3. Permeabilidade ao ar

A tabela 4.3 apresenta os valores médios obtidos para a permeabilidade ao ar com este método de caracterização.

**Tabela 4. 3.** Resultados da permeabilidade ao ar de diferentes meias obtidas pelo equipamento Textest Instruments FX3300.

Meia	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Meia A	104	83	57	70
Meia B	129	85	54	72
Meia C	197	<b>122</b>	<b>158</b>	<b>120</b>
Meia D	177	112	140	<b>117</b>
Meia E	<b>257</b>	115	81	102

Os resultados obtidos mostram a que na zona 1, a meia E apresentou o valor mais alto indicando uma boa permeabilidade face a sua estrutura fina e aberta. Já nas restantes zonas a meia C apresentou os melhores resultados.

## 4.2. Teste com voluntários

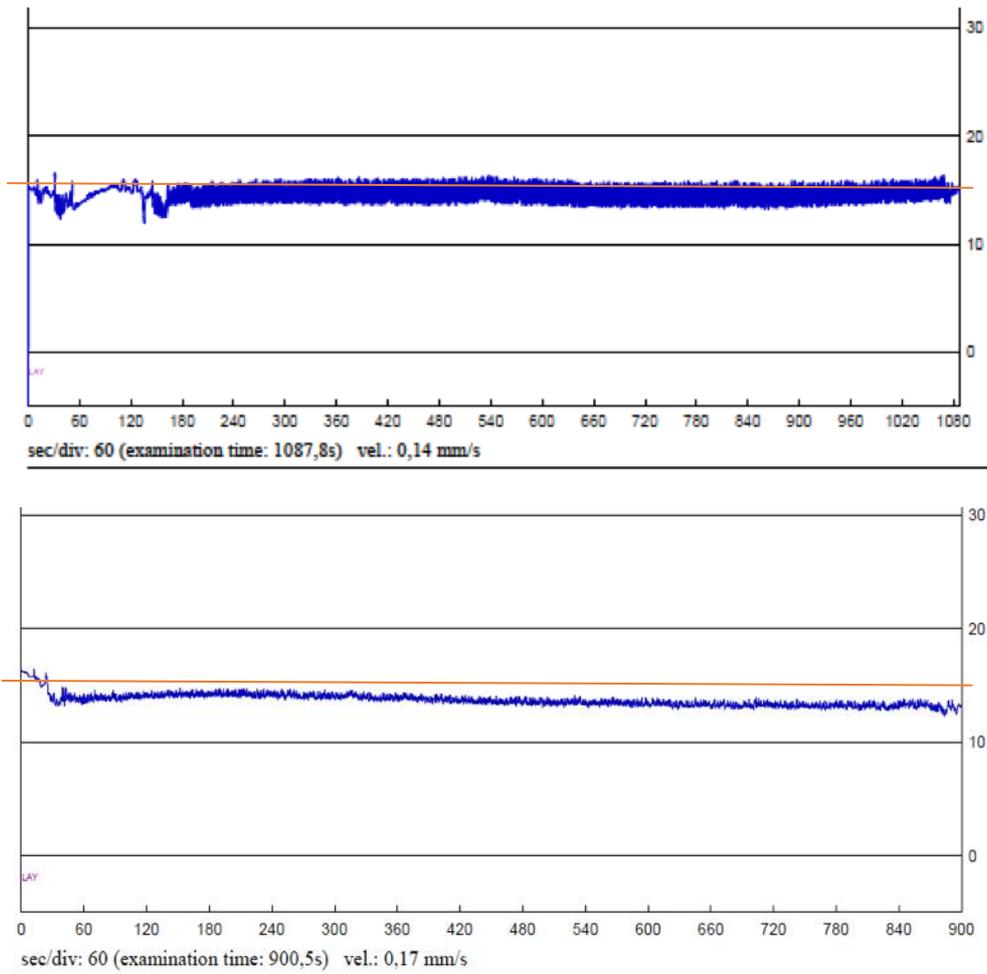
### 4.2.1. Força compressão

Para o teste de compressão (mmHg) dinâmico foram reunidos os seguintes dados de cada voluntário (Tabela 4.4), tamanho do pé para a distribuição da meia correspondente ao seu tamanho e a medição do perímetro na zona da pantorrilha, local onde será colocada a sonda para registo da compressão.

**Tabela 4. 4.** Dados dos voluntários quanto ao número de tamanho de pé e perímetro da pantorrilha.

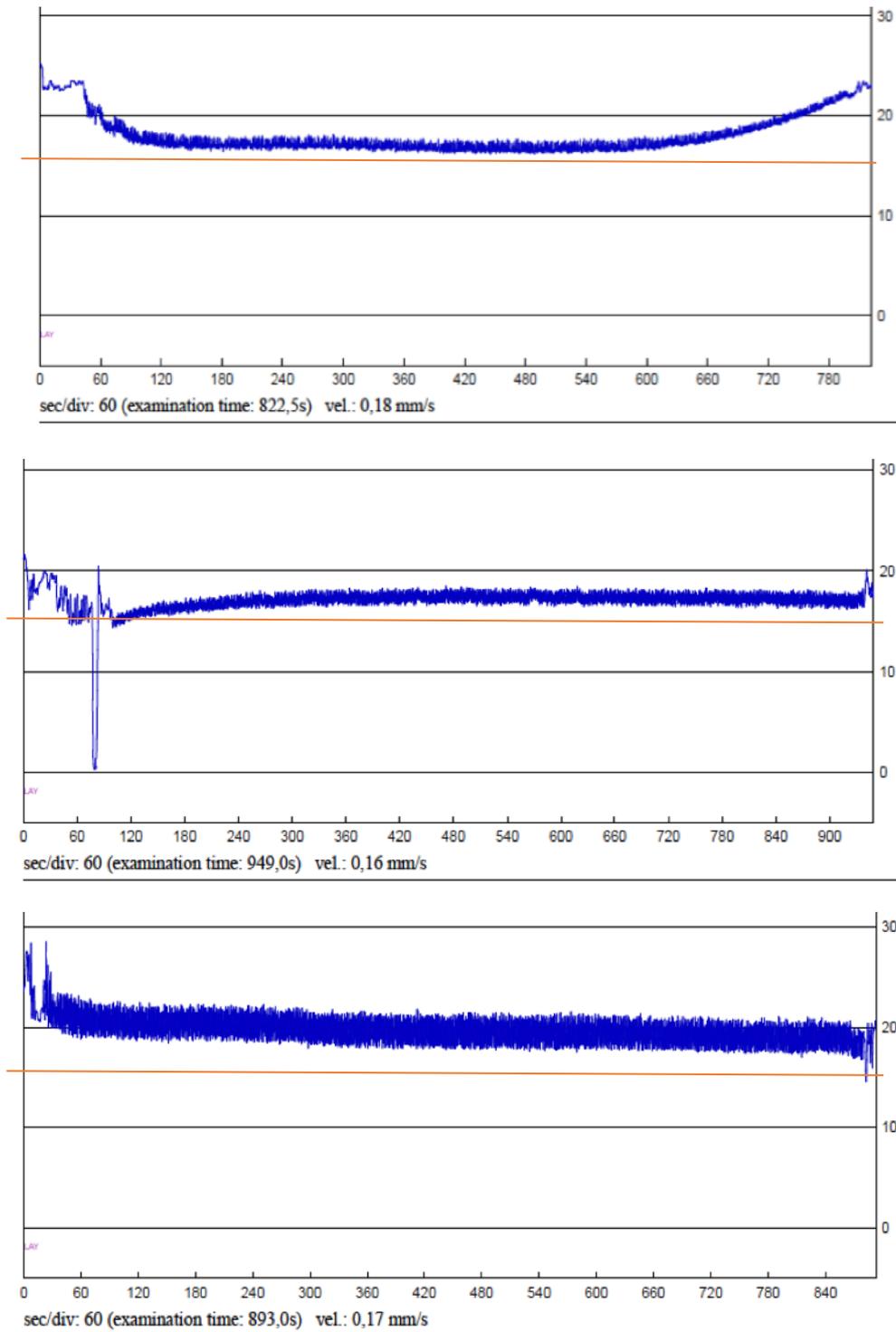
	Tamanho do Pé	Perímetro Pantorrilha (mm)
Voluntário 1	43	41
Voluntário 2	42	38
Voluntário 3	42	37
Voluntário 4	43	36
Voluntário 5	42	40

A Figura 4.1 representa os resultados obtidos pelos voluntários 1 e 4. Estes calçam o mesmo número de tamanho de pé (43) tendo sido utilizada a meia correspondente ao tamanho (43-45), mas ambos tem diferentes valores de perímetro de pantorrilha. A variação constante verificada nos gráficos representa as oscilações da contração e relaxamento do músculo a cada passada do voluntário na corrida. Verifica-se um aumento da compressão exercida no voluntário 1 por apresentar um perímetro de pantorrilha maior, excedendo o limite indicado pelo fabricante de 15 mmHg.



**Figura 4. 1.** Gráfico dos valores obtidos para a compressão (mmHg) do teste dinâmico no voluntário 1 e voluntário 4

A Figura 4.2 representa os resultados obtidos pelos voluntários 2, 3 e 5. Este calçam o mesmo número de tamanho de pé (42) tendo sido utilizada a meia correspondente ao tamanho (40-42), mas diferentes valores de perímetro de pantorrilha. A variação constante verificada nos gráficos representa as oscilações da contração e relaxamento do músculo a cada passada do voluntário na corrida. Verifica-se que o valor de compressão em todos os voluntários excedeu o limite indicado pelo fabricante de 15 mmHg. O voluntário 5 com o perímetro de pantorrilha mais alto (40mm) apresenta os valores de compressão mais altos durante a corrida ultrapassando 20 mmHg.



**Figura 4. 2.** Gráfico dos valores obtidos para a compressão (mmHg) do teste dinâmico no voluntário 2, voluntário 3 e voluntário 5.

### 4.2.2. Ritmo Cardíaco e Taxa de Saturação de oxigénio

O oxímetro foi utilizado durante a corrida na passadeira e os valores registados pelo equipamento foram posteriormente exportados, tal como mostram as tabelas 4.5 e 4.6.

**Tabela 4. 5.** Batimentos cardíacos (PR bpm) durante os 12 minutos de corrida.

Minuto de Corrida	V1	V2	V3	V4	V5
	Média PR				
0	44	58	58	67	66
1	84	75	68	83	82
2	161	107	96	107	127
3	148	115	143	97	159
4	159	123	148	121	161
5	146	109	150	110	169
6	148	110	151	132	170
7	149	100	153	101	142
8	137	99	148	122	148
9	130	121	151	133	163
10	113	144	143	133	138
11	104	148	125	104	135
12	99	150	135	126	151

Os valores representados dos batimentos cardíacos não tem qualquer influência para análise da caracterização das meias, pois foram analisados para controlo do estado dos voluntários. Durante a corrida todos os valores registados encontram-se dentro do intervalo considerados normais.

**Tabela 4. 6.** Taxa de saturação de oxigénio (SpO<sub>2</sub> %) durante os 12 minutos de corrida.

Minuto de Corrida	V1	V2	V3	V4	V5
	Média SpO <sub>2</sub>				
0	92	97	97	97	95
1	96	97	97	97	95
2	95	98	97	98	97
3	93	97	98	97	97
4	93	97	98	97	97
5	92	96	98	96	97
6	93	96	98	96	96
7	93	93	96	95	96
8	93	94	95	96	96
9	95	92	96	96	96
10	96	94	96	96	95
11	96	94	95	96	96
12	96	95	96	96	96

Os valores representados da taxa de saturação de oxigénio não tem qualquer influência para análise da caracterização das meias, pois foram analisados para controlo do estado dos voluntários. Os resultados obtidos mostram que todos os voluntários obtiveram valores considerados normais durante o período de corrida.

### 4.2.3. Determinação da temperatura e humidade

Na figura 4.3 apresentam-se os resultados obtidos durante o período de corrida para a temperatura, com modelo de meia E nos 5 voluntários.

Observa-se que na maioria dos voluntários na zona traseira do tornozelo a temperatura é mais alta durante o exercício, zona essa que apresenta uma estrutura mais grossa e de proteção. Já as temperaturas mais baixas verificam-se na zona da frente do tornozelo, em alguns casos as temperaturas descem por um período de tempo após os primeiros minutos de corrida, verificando-se a termorregulação, face a zona da meia também apresentar uma estrutura mais grossa.

Em termos gerais, todos os voluntários apresentaram um aumento de temperatura do início ao final da corrida nas zonas de leitura dos sensores.

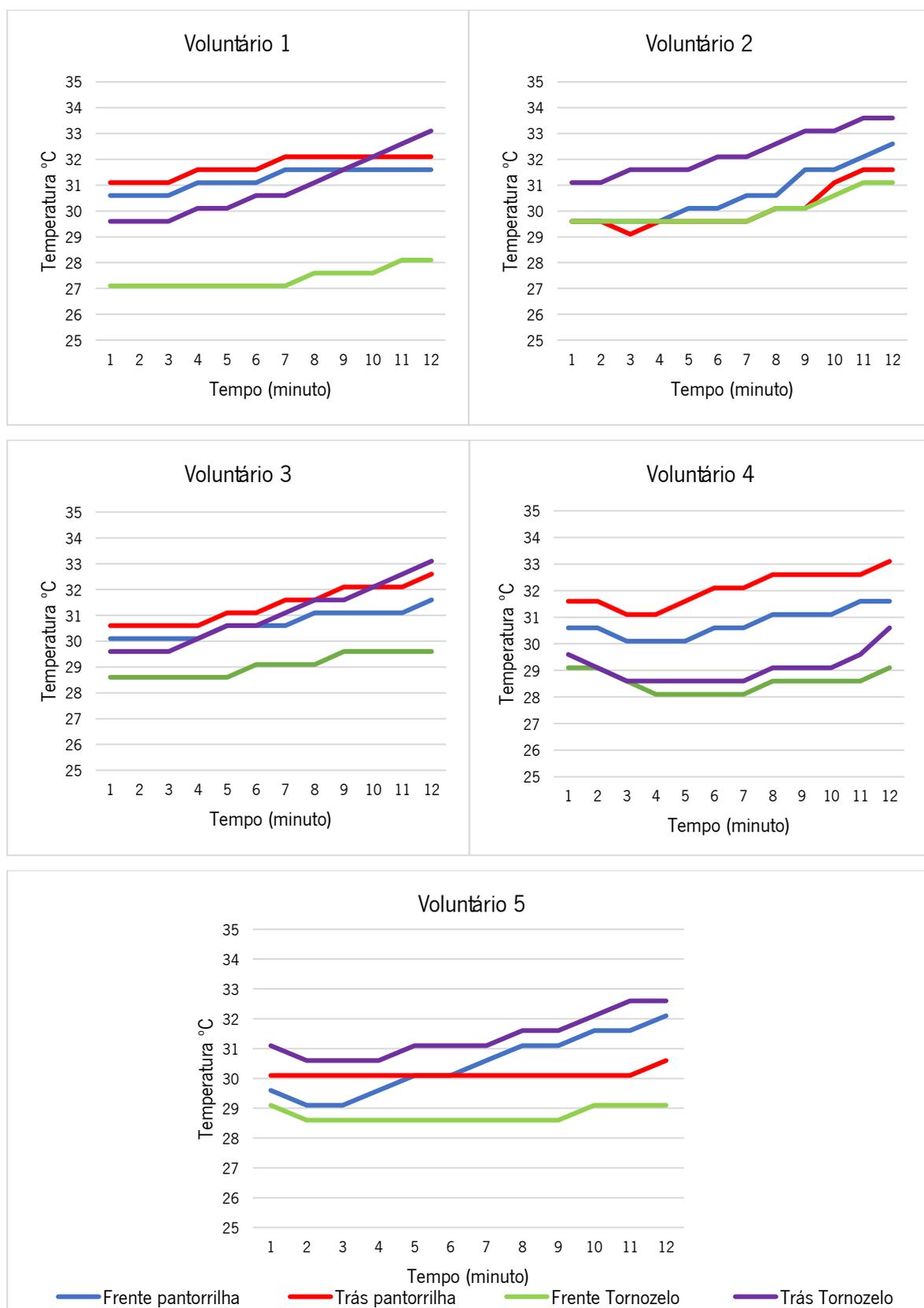
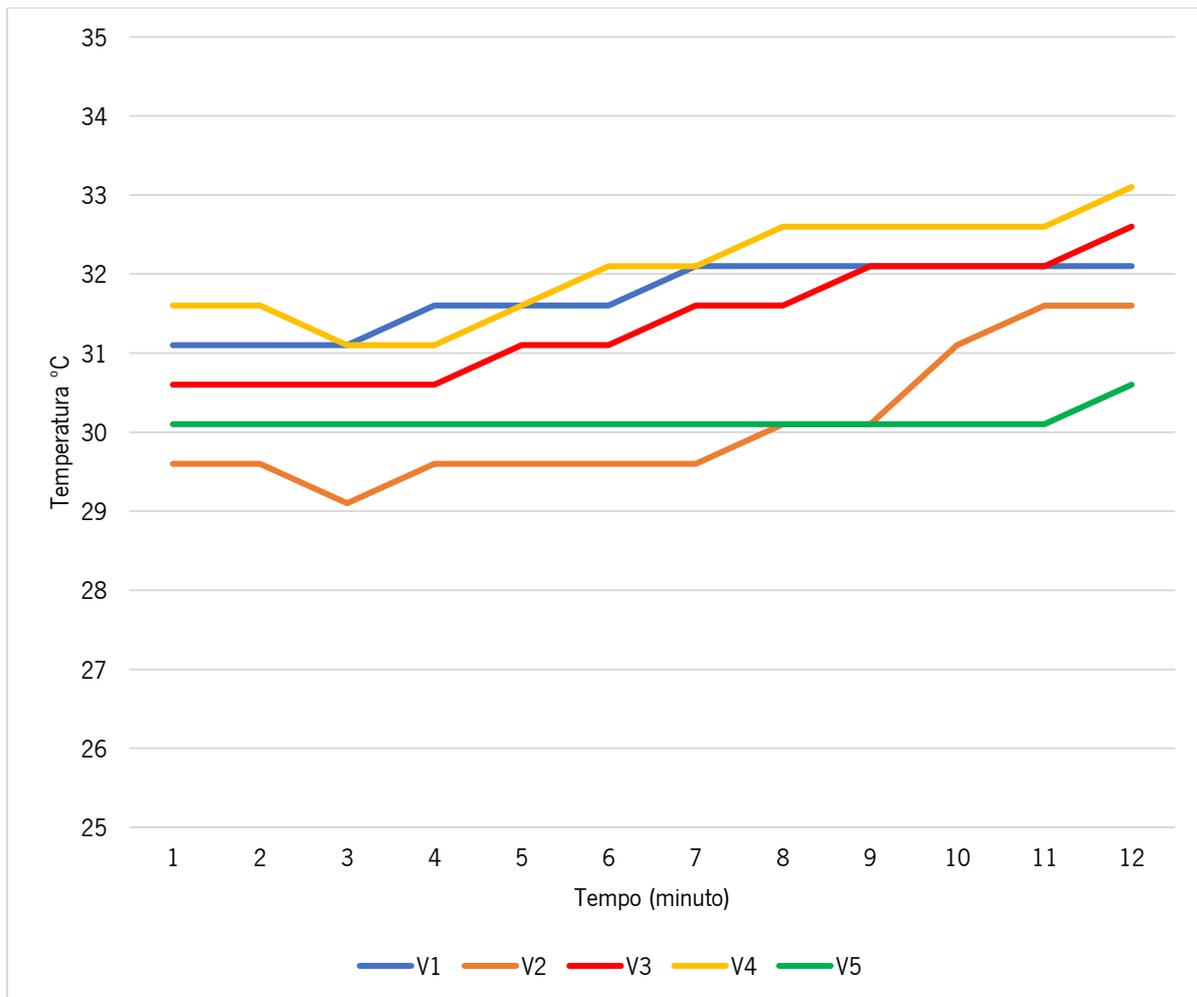


Figura 4. 3. Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de temperatura *Thermodata*.



**Figura 4. 4.** Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de temperatura *Thermodata* na zona da pantorrilha.

Sendo a pantorrilha a zona com maior volume muscular e uma das mais importantes quanto à compressão e temperatura que a meia exerce, na figura 4.4 estão representados os resultados de cada voluntário nesta mesma zona. Na frente da pantorrilha a meia apresenta estrutura de malha mais aberta para maior entrada de ar, com o objetivo de ajudar o arrefecimento ou no não sobreaquecimento da pantorrilha, na maioria dos voluntários um aumento da temperatura ao longo da corrida até ao final na ordem dos 2°C.

Na figura 4.5 apresentam-se os resultados obtidos durante o período de corrida para a humidade, com modelo de meia E nos 5 voluntários.

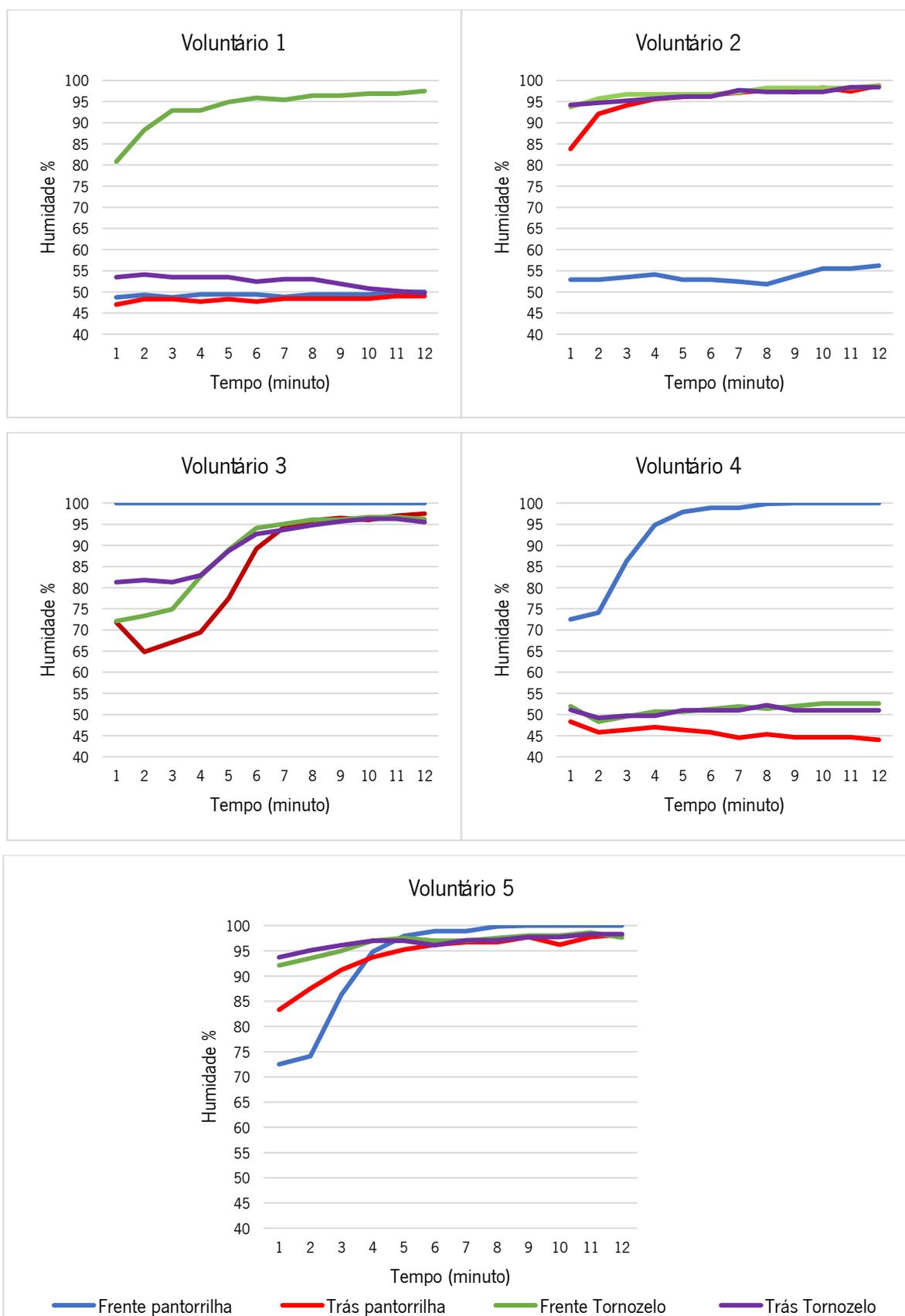
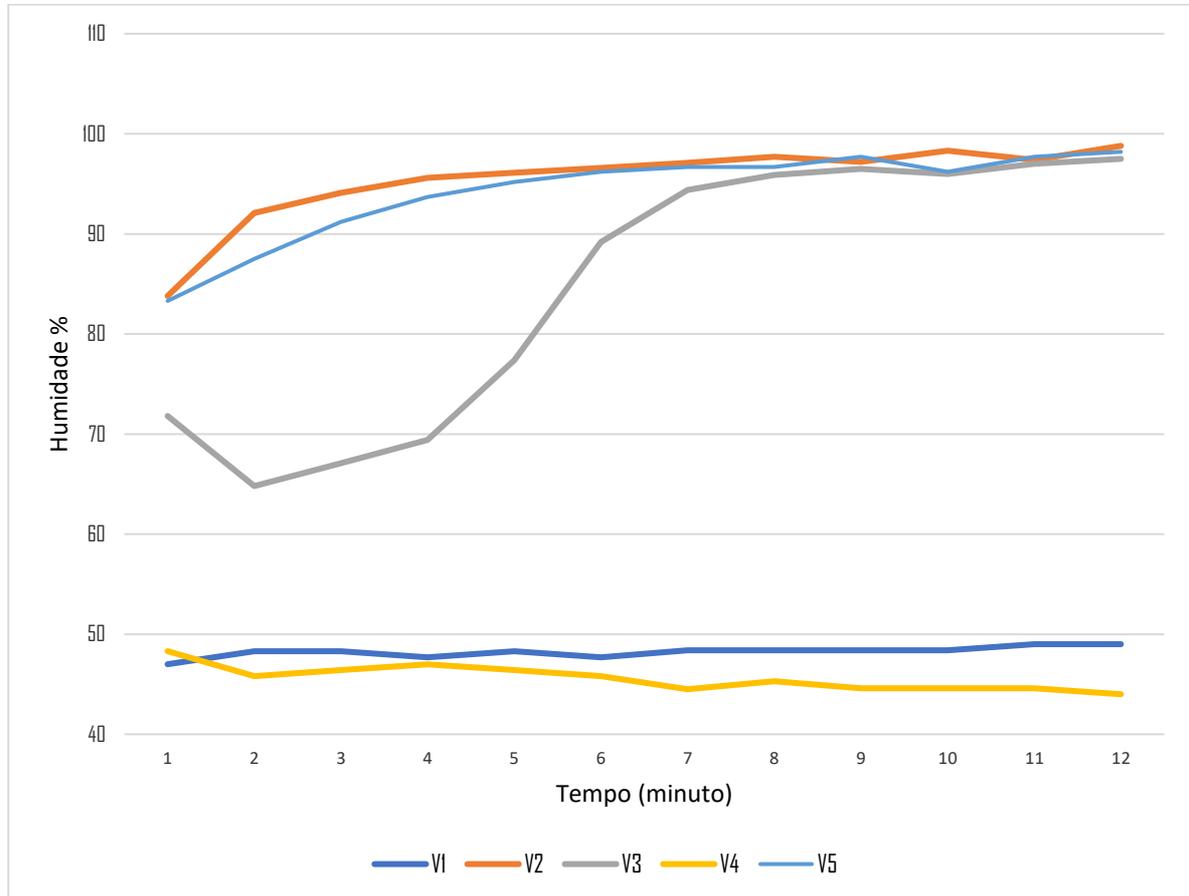


Figura 4. 5. Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de humidade ThermoData

Verifica-se algumas diferenças de resultados entre os voluntários, sendo mesmo a zona de maior ou menor humidade diferente entre eles. No entanto, observa-se algumas semelhanças entre os voluntários 1 e 4.

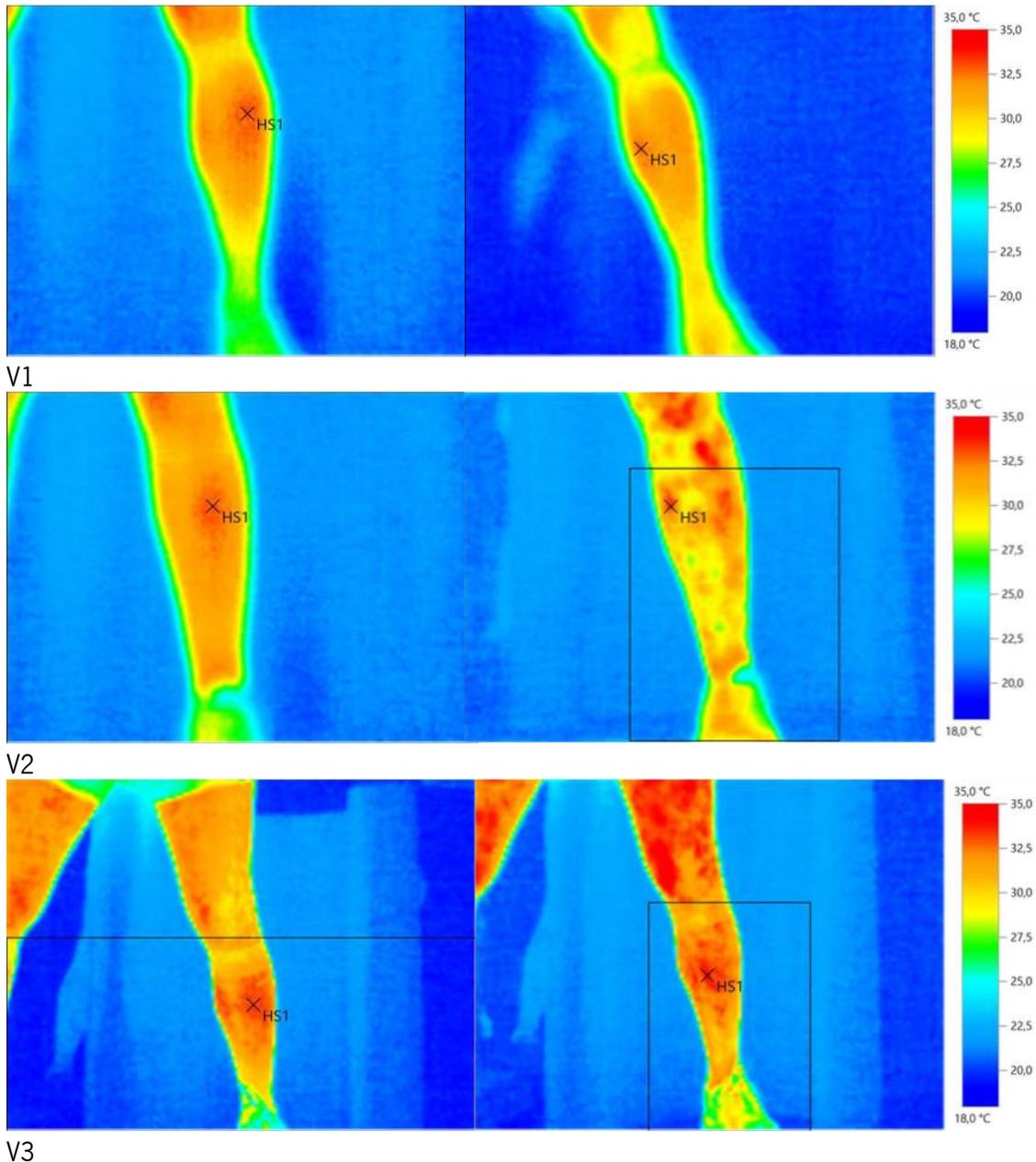


**Figura 4. 6.** Representação gráfica dos resultados obtidos pelos sensores de temperatura ThermoData na zona da pantorrilha.

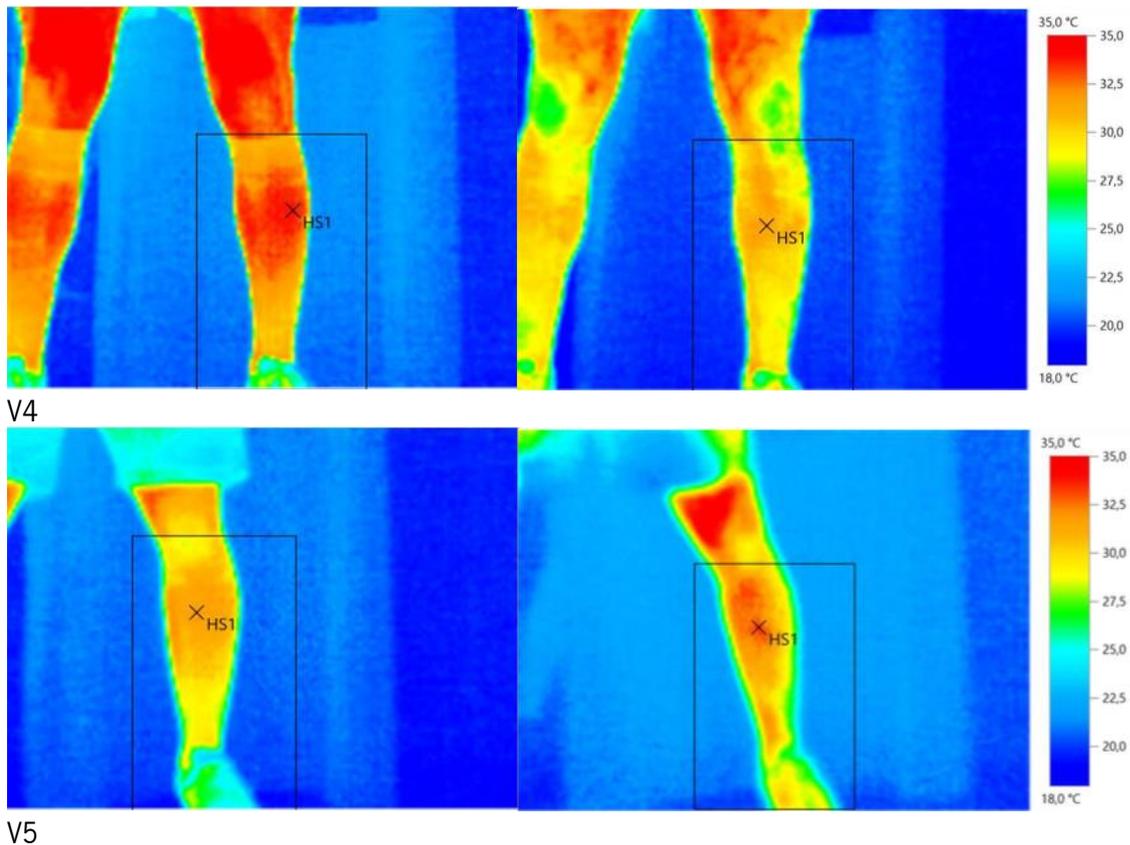
No seguimento da leitura efetuada à pantorrilha quanto à temperatura por voluntário, na figura 4.6 estão representados os resultados de humidade nessa mesma zona. Verifica-se que o voluntário 1 e 4 tem comportamentos muito semelhantes mantendo os níveis de humidade entre os 45-50%, sendo os restantes voluntários resultados totalmente diferentes estando no final da corrida com valores níveis altos de humidade, próximos do limite de leitura dos 100%.

#### 4.2.4. Imagens termográficas das meias

Nas imagens termográficas seguintes e que foram trabalhadas no *software IR*, destaca-se o ponto mais quente da zona da frente e traseira da perna envolvente pela meia de cada voluntário antes e após a corrida.



**Figura 4. 7.** Imagens termográficas na zona da frente da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira.

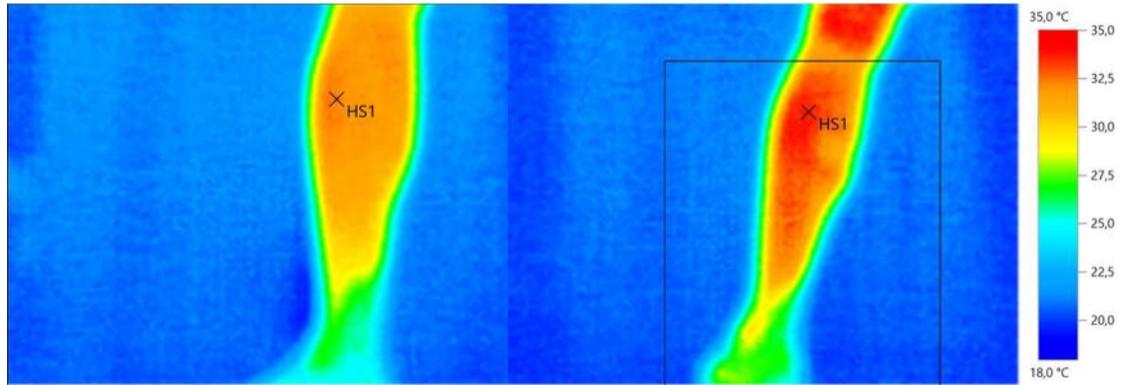


**Figura 4. 8.** Imagens termográficas na zona da frente da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira (continuação).

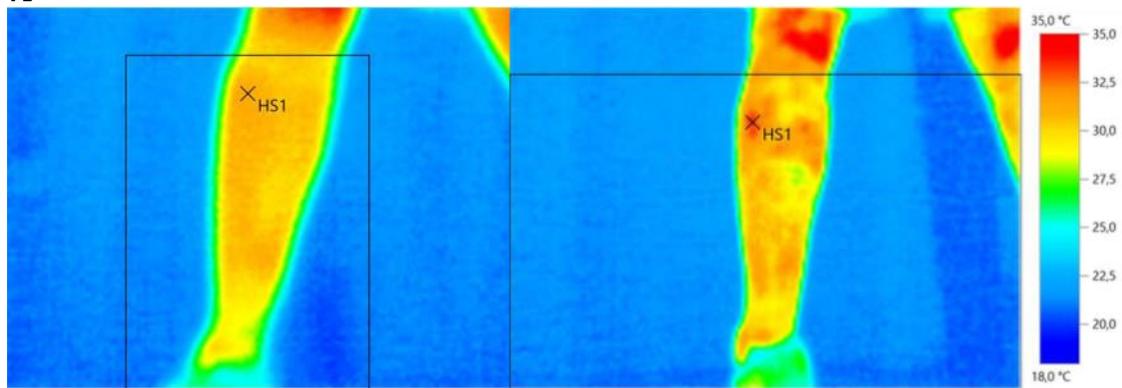
**Tabela 4. 7.** Resultados da temperatura na zona da frente da meia E do ponto mais quente antes e após da corrida na passadeira.

	Temp. °C do ponto mais quente antes da corrida	Temp. °C do ponto mais quente após a corrida
Voluntário 1	33,1	32,6
Voluntário 2	33,1	33,6
Voluntário 3	33,5	34,2
Voluntário 4	34,1	32,1
Voluntário 5	32,2	33,5

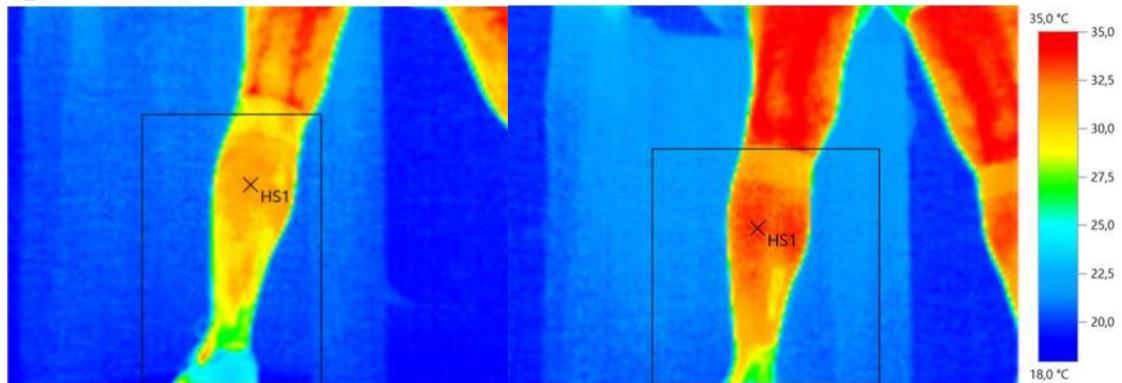
Verifica-se que todos os voluntários apresentam como ponto mais quente a zona da frente da pantorrilha. Relacionando entre eles, verifica-se que o V1 e V4 tiveram uma ligeira descida da temperatura, todos os restantes aumentaram. De notar que estes dois voluntários usam o mesmo número de tamanho de meia (43-45) e os restantes (40-42).



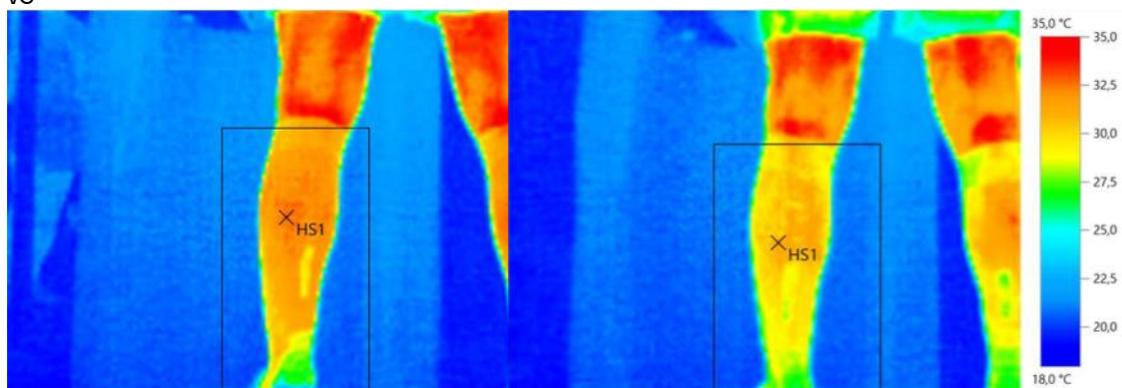
v1



v2

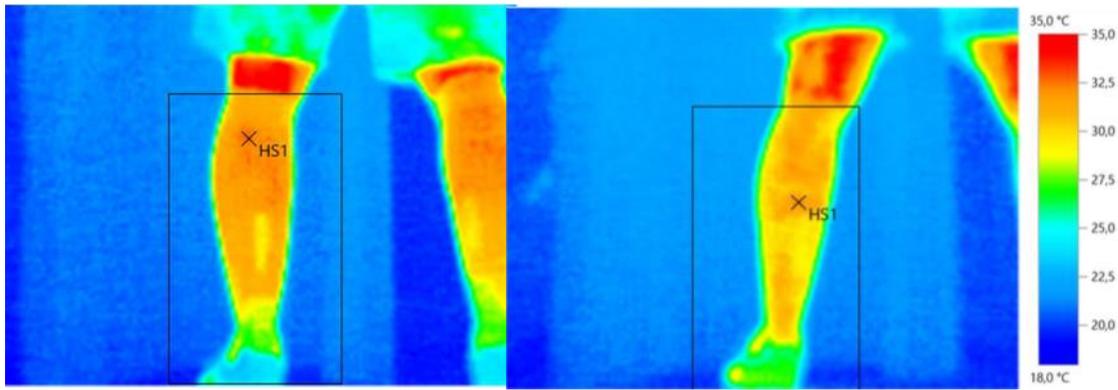


v3



v4

**Figura 4. 9.** Imagens termográficas da zona de trás da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira.



V5

**Figura 4. 10.** Imagens termográfica da zona de trás da meia E dos voluntários 1,2,3,4 e 5 antes (esquerda) e após (direita) a corrida na passadeira (continuação).

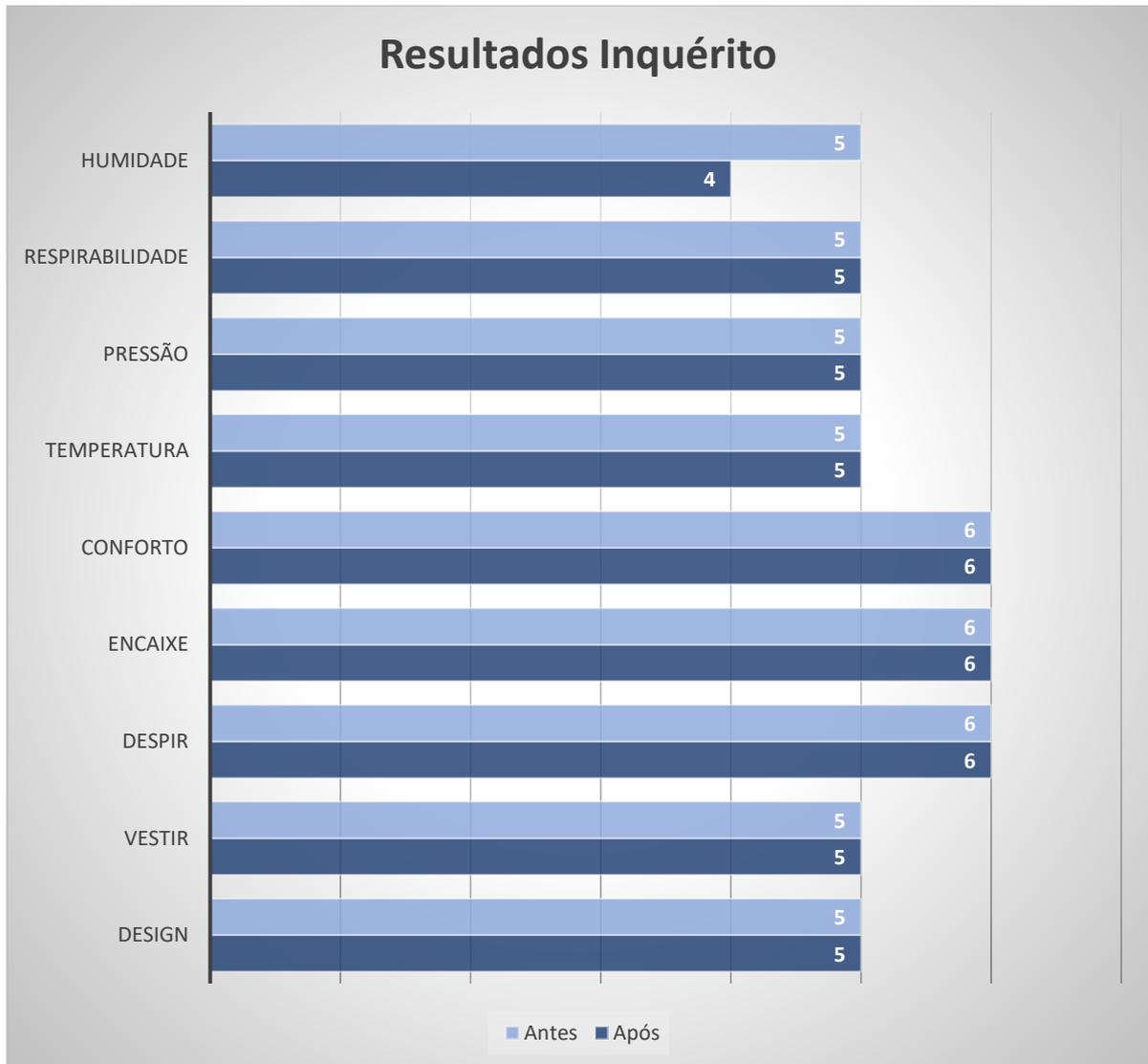
**Tabela 4. 8.** Resultados da temperatura na zona de trás da meia E do ponto mais quente antes e depois da corrida na passadeira.

	Temp. °C do ponto mais quente antes da corrida	Temp. °C do ponto mais quente após a corrida
Voluntário 1	32,6	34,1
Voluntário 2	31,4	33,4
Voluntário 3	33,9	32,2
Voluntário 4	32,8	32,0
Voluntário 5	32,9	32,4

Verifica-se que todos os voluntários apresentam como ponto mais quente a zona da pantorrilha. Os V1 e V2 apresentaram um aumento do ponto mais quente no final da corrida, já os restantes apresentaram quedas do ponto mais quente da perna.

### 4.3. Métodos de caracterização ao conforto.

Os resultados obtidos na escala de Lickert, de 1 a 7, em que 1 considera sempre a pior classificação e 7 a melhor, mostram que os voluntários na maior parte das questões registaram a mesma classificação antes e após os testes, excetuando a humidade que após o teste registou um valor médio inferior, conforme é apresentado na figura 4.9.



**Figura 4. 11.** Resultados do inquérito efetuado aos voluntários.

Na questão quanto à sua melhor e pior qualidade da meia de compressão, foi registado que a pior qualidade foi a secagem rápida, ou seja, e no seguimento da figura 4.9, as meias são avaliadas como húmidas face à lenta secagem. Já quanto à sua melhor qualidade 80% dos voluntários qualificou a estabilidade muscular. Os resultados são apresentados na figura 4.10.

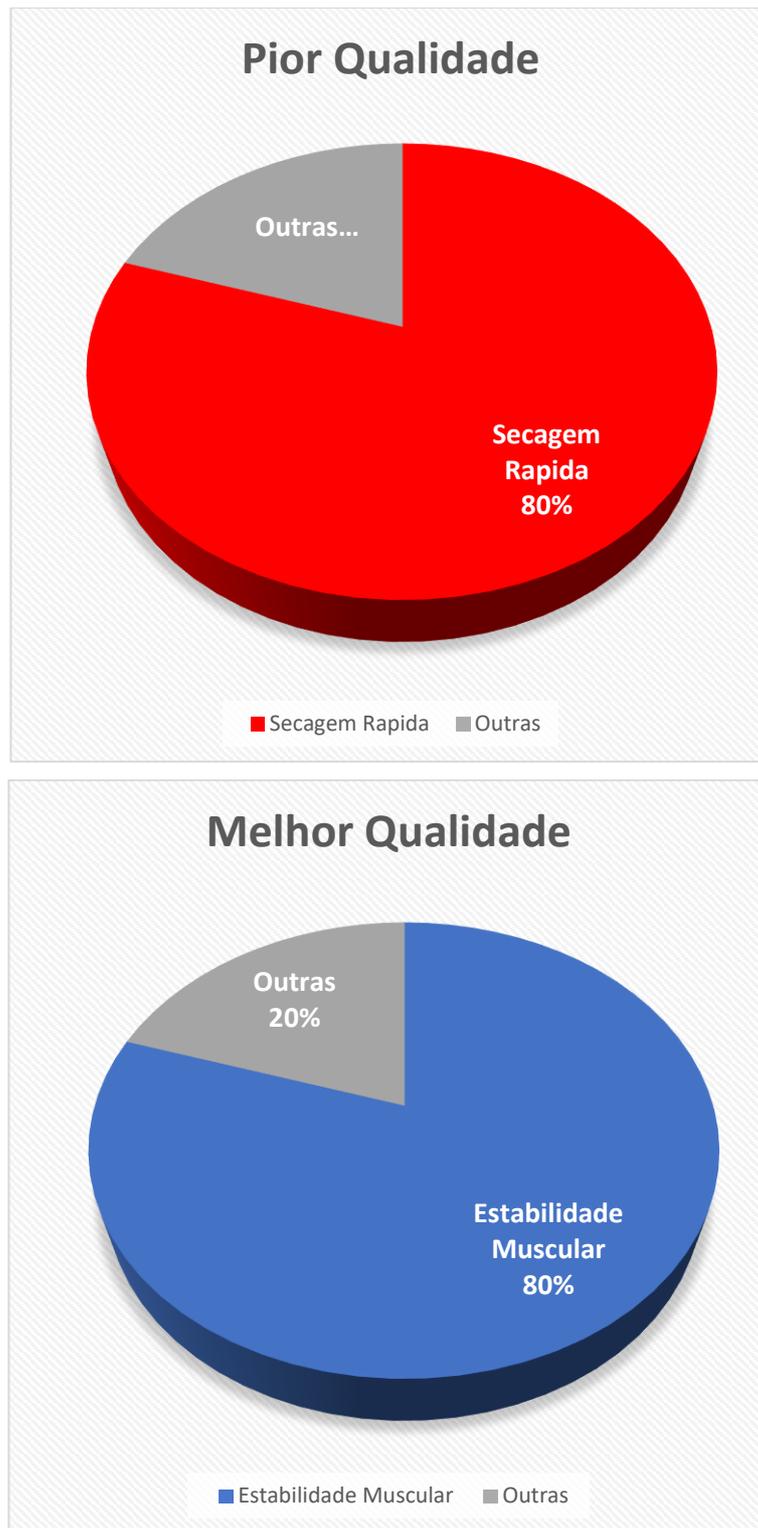


Figura 4. 12. Resultados do inquérito quanto a qualidade da meia E.

# Conclusão e perspectivas futuras

## 5. Conclusão e perspectivas futuras

No sector têxtil tem aumentado o desenvolvimento e apresentação de meias de compressão inovadoras na área desportiva com variadas características e propriedades, com vista ao melhoramento do desempenho dos praticantes de desporto, com objetivo de responder a todas as necessidades dos consumidores, especialmente, na melhoria de transferência de calor, humidade, conforto e prevenção de lesões.

Conforme descrito no capítulo 1, as meias com compressão melhoram o desempenho desportivo, previnem lesões, reduzem o cansaço das pernas no pós-exercício e melhoram a recuperação. Ao apertarem os músculos da perna, em particular a barriga da perna (pantorrilha), melhoram a aerodinâmica do atleta, tornando-o mais rápido e com mais força (Rider et al., 2014b). Esse mesmo aperto, segundo a teoria de Ashayeri, aumenta o retorno do fluxo venoso, uma vez que o sangue tem tendência a acumular-se ao nível das pernas, tanto em repouso como em exercício. A compressão dos gêmeos (pantorrilha) aumenta o transporte de oxigénio para os músculos, facilitando desta forma o retorno venoso e a consequente remoção de metabolitos recorrentes da atividade física (ex. ácido láctico) (Ashayeri, 2012, Pérez-Soriano et al., 2019, Goncu Berk and Kahveci, 2019).

A realização deste trabalho vem apresentar resultados em laboratório para caracterizar as 5 meias de compressão em estudo quanto à sua composição, força de extensão, espessura e permeabilidade ao ar. Também apresenta resultados de testes em voluntários durante corrida em passadeira, o comportamento quanto à compressão durante a corrida, ritmo cardíaco, saturação de oxigénio, temperatura, humidade e a avaliação do conforto através de inquérito antes e após a realização da corrida.

Nos testes laboratoriais, as meias C e D, sendo nas suas características muito idênticas, apresentaram os melhores resultados, ao nível da permeabilidade ao ar. Nos resultados quanto à espessura, a meia C e D apresentaram os valores mais altos, ou seja, malha mais espessa. Estes resultados leva-nos a concluir que a permeabilidade não está diretamente ligada com a espessura, pois malhas mais grossas podem ter maior elasticidade, abrindo mais as malhas permitindo uma melhor entrada de ar. No teste de tração, a meia A apresenta os valores mais altos de força, indicando ser a meia com menor elasticidade.

Ao nível da compressão concluiu-se que a meia tem um comportamento diferente para perímetros de pantorrilha diferentes, sendo que até aos 36mm de diâmetro a meia respeita as características

fornecidas pelo fabricante com valores entre 10 a 15 mmHg. Acima desse valor de perímetro, a meia não se encontra em conformidade apresentando valores de compressão superiores. Esta conclusão constata-se pelos valores de compressão medidos nos voluntários que apresentavam perímetros de pantorrilha entre os 36mm e os 41mm.

Para obter melhores resultados ao nível da compressão seria conveniente a criação de diferentes perímetros da perna para o mesmo tamanho de pé, face aos resultados registados e variedade fisiológica dos utilizadores testados.

Através dos sensores de temperatura e humidade, observa-se que no uso da meia E durante a corrida ocorre um ligeiro aumento de temperatura, concluindo que o facto da sua estrutura da malha mais fina e aberta na zona da frente da pantorrilha permite entrada de ar e o não sobreaquecimento da perna. Nas zonas dos tornozelos registam-se valor mais alto, face a estrutura de malha mais grossa que apresenta devido às características de proteção que confere.

Quanto à humidade observam-se valores de níveis de humidade altos em diferentes zonas e diferentes voluntários, o que leva a concluir um fraco transporte da humidade do interior para exterior, não repelindo a humidade da pele, e a absorção excessiva da humidade pela malha da meia, ponto referenciado no inquérito pela resposta dos voluntários quando questionados sobre a sensação de humidade no final da corrida, com a classificação de 4, mais baixa um ponto em relação a classificação inicial.

As imagens térmicas mostram que a meia E antes e após o teste de corrida tem variação de temperatura aproximadamente de 2°C, com o aumento e diminuição de temperatura, tendo a zona da frente e de trás da pantorrilha apresentado os pontos mais quentes da perna.

Comparando os valores obtidos pelos sensores de temperatura e imagens termográficas, as imagens térmicas apresentaram valores mais altos, o que indica que a meia transporta calor do interior para o exterior. Com estes dados pode-se concluir que face às variações de temperatura observadas, a meia E tem um bom comportamento térmico.

De referenciar que ao longo dos testes efetuados, observa-se em alguns ensaios dois padrões de resultados, para voluntários que utilizaram tamanho 40-42 e voluntários que utilizaram 43-45, podendo a escolha do tamanho ter influência nos resultados.

Antes e após o teste de corrida, os voluntários responderam a um inquérito direcionado para as características quanto ao conforto. Pelos resultados dos inquéritos, verifica-se que a maioria dos voluntários destacou como pontos positivos o conforto e o encaixe da meia antes da corrida, e que posteriormente confirmou-se durante a corrida também a boa estabilidade muscular, sendo esta a

qualidade mais votada com 80% dos voluntários, como a melhor características. Pelo contrário, os voluntários registaram que após o teste de corrida a sensação de humidade como ponto mais negativo, em que 80% dos voluntários classificaram como a pior característica, pela lenta secagem e alto teor de humidade.

Na opinião geral dos voluntários a meia E correspondeu às expectativas, comparativamente a outras meias de compressão disponíveis no mercado.

As perspectivas futuras resultantes desta dissertação será efetuar testes de corrida numa amostragem maior de voluntários e a todas as meias analisadas.

Este estudo pode avançar, na análise de padrões para diferentes taxas etárias e/ou fisiologia entre voluntários quando usam meias de compressão durante uma corrida.

Durante o desenvolvimento desta dissertação foram adotados procedimentos de carácter laboratorial com voluntários em ambiente de temperatura e humidade controlado, como forma de continuidade desta investigação seria interessante avaliar, em condições climatéricas diferentes, nomeadamente com temperaturas e humidade mais altas e depois compara-las com os resultados desta investigação principalmente ao nível do conforto.

O teste dinâmico de compressão durante a corrida na passadeira, pode dar início à criação de uma base de dados para análise comparativa da compressão de uma meia de uma marca específica, nos diferentes tamanhos de pé e de pantorrilha.

## Referências Bibliográficas

- Ali, A., Caine, M., & Snow, B. J. J. o. s. s. (2007). Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. 25(4), 413-419.
- Ashayeri, E. (2012). An investigation into pressure delivery by sport compression garments and their physiological comfort properties.
- Bars, T. S., Pearcey, G. E., Munro, B., Bishop, J. L., & Zehr, E. P. J. J. o. n. (2018). Effects of a compression garment on sensory feedback transmission in the human upper limb. 120(1), 186-195.
- Bertaux, E., Derler, S., Rossi, R. M., Zeng, X., Koehl, L., & Ventenat, V. J. T. R. J. (2010). Textile, physiological, and sensorial parameters in sock comfort. 80(17), 1803-1810.
- Black, S. (2005). Knitwear in fashion: Thames & Hudson.
- Castilho Junior, O. T. (2015). Avaliação do efeito da meia elástica na hemodinâmica venosa dos membros inferiores de corredores. Universidade de São Paulo.
- Catarino, A. (1998). Dinâmica da Tricotagem: Estudo da Tensão de Entrada do Fio e sua Aplicação em Controlo de Qualidade. Universidade do Minho.
- Catarino, A. (2014). Malhas de Trama: Programação do tear seamless Merz MBS versão 1.0.
- Catarino, A. R., A (2008). Introdução à tecnologia seamless: conceitos básicos e programação de um tear seamless.
- Echostore. Retrieved from <https://www.echostore.com/wrist-oximeter-md300w.html>
- Element14. Retrieved from <https://nz.element14.com/maxim-integrated-products/ds1921k/starter-kit-rfid/dp/2729051>
- Figueiredo, M., Figueiredo, M. F., & Silva, N. J. J. V. B. (2011). Effect of elastic stockings on biomarkers levels of muscle soreness in volleyball players after exercise. 10(4), 289-292.
- Fletcher, L., Raab, S., Sanderson, S., & Vargo, L. J. S. A. (2014). Efficacy of compression socks to enhance recovery in distance athletes. 2(2), 15-18.
- Francis, N., & Sparkes, B. (2011). Knitted textile design. In Textile Design (pp. 55-87e): Elsevier.
- Geldenhuys, A. G., Swart, J., & Bosch, A. J. S. H. (2019). Investigation of the impact of below-knee compression garments on markers of exercise-induced muscle damage and performance in endurance runners: a prospective randomized controlled trial. 11(3), 254-264.
- Gimenes, S. V., Marocolo, M., Pavin, L. N., Spigolon, L. M. P., Neto, O. B., & CO<sup>^</sup>, B. V. J. J. S. C. R. (2019). Compression stockings used during two soccer matches improve perceived muscle soreness and high-intensity performance.

- Goncu Berk, G., & Kahveci, S. J. T. R. J. (2019). Design of novel running leggings with thermoplastic polyurethane membrane compression zones. 89(8), 1533-1545.
- Hassan, M., Qashqary, K., Hassan, H. A., Shady, E., Alansary, M. J. F., & Europe, T. i. E. (2012). Influence of sportswear fabric properties on the health and performance of athletes.
- Hill, J., Howatson, G., Van Someren, K., Leeder, J., & Pedlar, C. J. B. J. S. M. (2014). Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis. 48(18), 1340-1346.
- Jeong, C. M. (2011). Functional compression socks. In: Google Patents.
- Li, Y. (2001). The science of clothing confort. Textile Progress, Pages 1-135. doi:<https://doi.org/10.1080/00405160108688951>
- Lin, S. L., Lin, J. M., Chu, C.-L., Wu, Y.-S., Chao, Y.-J., Chan, W. P., . . . Engineering. (2013). Design, Manufacture, Mechanical Testing and Clinical/Mri Assessment of the Medical Elastic Compression Stockings, Base on Taiwanese? s Leg Size.
- Liu, R., Lao, T. T., Little, T. J., Wu, X., & Ke, X. J. T. R. J. (2018). Can heterogeneous compression textile design reshape skin pressures? A fundamental study. 88(17), 1915-1930.
- Liu, Y., Fu, W.-J., He, J.-L., & Xiong, X.-J. (2011). Research advancements of compression equipments in sports science. Paper presented at the 2011 International Conference on Future Computer Science and Education.
- Lucas-Cuevas, Á. G., Priego Quesada, J. I., Giménez, J. V., Aparicio, I., Cortell-Tormo, J. M., Pérez-Soriano, P. J. R. Q. f. E., & Sport. (2017). Can graduated compressive stockings reduce muscle activity during running? , 88(2), 223-229.
- MacRae, B. A., Laing, R. M., Niven, B. E., & Cotter, J. D. J. E. j. o. a. p. (2012). Pressure and coverage effects of sporting compression garments on cardiovascular function, thermoregulatory function, and exercise performance. 112(5), 1783-1795.
- Magnus, E. B., Broega, A., & Catarino, A. P. (2010). Tecnologia seamless: perspectivas futuras.
- Mann, S., Ultsch, D., Dietl, M., & Jansen, P. J. D. i. S. S. (2016). The effects of compression socks on arterial blood flow and arterial reserves in amateur sportsmen. 1, 1-9.
- MEDIGROUP. PicoPress- Compression Measurement System. Retrieved from <https://www.vipmedikal.com.tr/wp-content/uploads/2016/02/PicoPress.pdf>
- Mizuno, S., Arai, M., Todoko, F., Yamada, E., & Goto, K. J. P. o. (2017). Wearing lower-body compression garment with medium pressure impaired exercise-induced performance decrement during prolonged running. 12(5), e0178620.
- Mota, G. R., de Moura Simim, M. A., dos Santos, I. A., Sasaki, J. E., & Marocolo, M. J. O. A. J. o. S. M. (2020). Effects of Wearing Compression Stockings on Exercise Performance and Associated Indicators: A Systematic Review. 11, 29.

- 
- Pavin, L. N., Leicht, A. S., Gimenes, S. V., da Silva, B. V. C., Simim, M. A. d. M., Marocolo, M., & da Mota, G. R. J. R. i. S. M. (2019). Can compression stockings reduce the degree of soccer match-induced fatigue in females? , 27(3), 351-364.
- Pérez-Soriano, P., García-Roig, Á., Sanchis-Sanchis, R., & Aparicio, I. J. J. o. I. T. (2019). Influence of compression sportswear on recovery and performance: A systematic review. 48(9), 1505-1524.
- Priego, J., Lucas-Cuevas, A. G., Aparicio, I., Giménez, J. V., Cortell-Tormo, J. M., & Pérez-Soriano, P. J. B. o. S. (2015). Long-term effects of graduated compression stockings on cardiorespiratory performance. 32(3), 219.
- Ray, S. C. (2011). *Fundamentals and Advances in Knitting Technology* (W. P. I. P. Limited Ed.).
- Rider, B. C., Coughlin, A. M., Hew-Butler, T. D., Goslin, B. R. J. T. J. o. S., & Research, C. (2014). Effect of compression stockings on physiological responses and running performance in division III collegiate cross-country runners during a maximal treadmill test. 28(6), 1732-1738.
- Rosengarten, D. S., Laird, J., Jeyasingh, K., & Martin, P. J. B. j. o. S. (1970). The failure of compression stockings (Tubigrip) to prevent deep venous thrombosis after operation. 57(4), 296-299.
- Sari, B., & Oğlakcioğlu, N. J. J. o. I. T. (2018). Analysis of the parameters affecting pressure characteristics of medical stockings. 47(6), 1083-1096.
- Smith, C. J., Machado-Moreira, C. A., Plant, G., Hodder, S., Havenith, G., Taylor, N. A. J. I. J. o. C. S., & Technology. (2013). Design data for footwear: sweating distribution on the human foot.
- Stanek, J. M. J. J. o. s. r. (2017). The effectiveness of compression socks for athletic performance and recovery. 26(1), 109-114.
- Sugisawa, R., Unno, N., Saito, T., Yamamoto, N., Inuzuka, K., Tanaka, H., . . . biology. (2016). Effects of compression stockings on elevation of leg lymph pumping pressure and improvement of quality of life in healthy female volunteers: A randomized controlled trial. 14(2), 95-103.
- Testo- Thermal Imaging Camera for industrial and building thermography. Retrieved from <https://testo.nz/products/testo-885-2-thermal-imaging-camera-ideal-for-industrial-and-building-thermography-p-o-a>
- Thomas, S., & Fram, P. (2003). An evaluation of a new type of compression bandaging system.
- Thorneburg, J. L. (1981). Athletic socks with integrally knit arch cushion. In: Google Patents.
- Xiong, Y., & Tao, X. J. P. (2018). Compression garments for medical therapy and sports. 10(6), 663.
- Yao, L. S., S; Wang, YJ; Cao, XY; Hu, JY; Li, Y. (2010). Development of high performance running wear. Paper presented at the Textile Bioengineering and Informatics Symposium 2010,, Shanghai, China.

---

# Anexos

## Anexo I - Inquérito realizado aos voluntários

## DADOS DO VOLUNTARIO

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
 Idade: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ mm  
 Peso: \_\_\_\_\_ Kg Tamanho pé: \_\_\_\_\_  
 Perimetro Pantorrilha: \_\_\_\_\_ mm Meia: \_\_\_\_\_  
 (A/B/C/D)

Qual o tipo de desporto que regularmente pratica? \_\_\_\_\_

Quando pratica usa meias de compressão? Porque? \_\_\_\_\_

Dos membros inferiores, qual a zona mais sensível quanto ao conforto quando pratica desporto? \_\_\_\_\_

Qual seria a característica mais importante quanto ao conforto numa meia para sua prática de desporto? \_\_\_\_\_

## INICIO DO EXERCICIO

## Meia Esquerda

Peso

Compressão			Foto termica	
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Frente n.º	Tras n.º
			Frente n.º	Tras n.º

## Meia Direita

Peso

Compressão			Foto termica	
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Frente n.º	Tras n.º
			Frente n.º	Tras n.º

Assinale com X a ou as zonas mais desconfortáveis da meia que esta a usar.

## ZONA DE DESCONFORTO PÉ ESQUERDO



## ZONA DE DESCONFORTO PÉ DIREITO



Assinale com o X qual a sensação em relação aos seguintes parâmetros:

## Quanto ao aspecto visual/design.

Feia				Neutro			Bonita
1	2	3	4	5	6	7	

## Quanto à facilidade de vestir.

Muito difícil				Neutro			Muito fácil
1	2	3	4	5	6	7	

## Quanto à facilidade de despir.

Muito difícil				Neutro			Muito fácil
1	2	3	4	5	6	7	

## Quanto à proporcionalidade de tamanho (encaixe).

Inadequado				Neutro			adequado
1	2	3	4	5	6	7	

## Quanto à sensação de conforto.

Muito desconfortável				Neutro			Muito confortável
1	2	3	4	5	6	7	

## Sensação termica.

Muito fria				Neutro			Muito quente
1	2	3	4	5	6	7	

## Sensação de pressão.

Muito folgada				Neutro			Muito apertada
1	2	3	4	5	6	7	

## Respirabilidade

Nada respiravel				Neutro			Muito respiravel
1	2	3	4	5	6	7	

## Sensação de Humidade

Muito Humida				Neutro			Muito seca
1	2	3	4	5	6	7	

## FINAL DO EXERCICIO

## Meia Esquerda

Peso

Compressão			Foto termica	
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Frente n.º	Tras n.º
			Frente n.º	Tras n.º

## Meia Direita

Peso

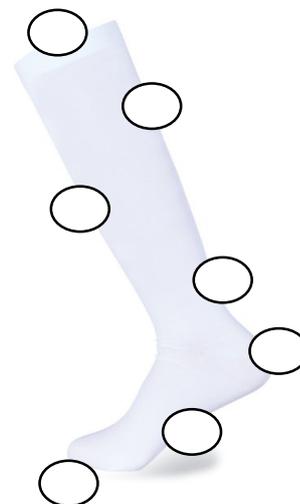
Compressão			Foto termica	
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Frente n.º	Tras n.º
			Frente n.º	Tras n.º

Indique com X qual ou quais as zonas de maior sensação de desconforto.

**ZONA DE DESCONFORTO PÉ ESQUERDO**



**ZONA DE DESCONFORTO PÉ DIREITO**



Assinale com o X qual a sensação em relação aos seguintes parâmetros:

**Quanto ao aspecto visual/design.**

Feia					Neutro			Bonita
1	2	3	4	5	6	7		

**Quanto à facilidade de vestir.**

Muito difícil				Neutro			Muito fácil
1	2	3	4	5	6	7	

**Quanto à facilidade de despir.**

Muito difícil				Neutro			Muito fácil
1	2	3	4	5	6	7	

**Quanto à proporcionalidade de tamanho (encaixe).**

Inadequado				Neutro			adequado
1	2	3	4	5	6	7	

**Quanto à sensação de conforto.**

Muito desconfortável				Neutro			Muito confortável
1	2	3	4	5	6	7	

## Sensação termica.

<b>Muito fria</b>			<b>Neutro</b>			<b>Muito quente</b>
1	2	3	4	5	6	7

## Sensação de pressão.

<b>Muito folgada</b>			<b>Neutro</b>			<b>Muito apertada</b>
1	2	3	4	5	6	7

## Respirabilidade

<b>Nada respiravel</b>			<b>Neutro</b>			<b>Muito respiravel</b>
1	2	3	4	5	6	7

## Sensação de Humidade

<b>Muito Humida</b>			<b>Neutro</b>			<b>Muito seca</b>
1	2	3	4	5	6	7

## GERAL

## Qual a sensação de conforto depois do exercício físico.

<b>Muito desconfortavel</b>			<b>Neutro</b>			<b>Muito confortavel</b>
1	2	3	4	5	6	7

## Quanto a sensação depois do exercício físico sem a meia.

<b>Muito mau</b>			<b>Neutro</b>			<b>Muito bom</b>
1	2	3	4	5	6	7

Classifique de forma decrescente, numa escala de 1 a 7, em que 1 é a pior e 7 a melhor qualidade desta meia?

<b>Conforto termico</b>	<b>Respirabilidade</b>	<b>Secagem Rapida</b>	<b>Estabilidade muscular</b>	<b>Termorregulação</b>	<b>Conforto sensorial</b>	<b>Design</b>

Descreva o porque da escolha na qualificação do pior e do melhor?

Usaria as meias de compressão durante as suas corridas?						
Não usaria			Neutro			Usaria
1	2	3	4	5	6	7

Recomendaria este modelo de meia de compressão?						
Não recomendaria			Neutro			Recomendaria
1	2	3	4	5	6	7

Classifique de forma crescente, numa escala de 1 a 7, em que 1 é a pior e 7 a melhor qualidade desta meia?						
Conforto termico	Respirabilidade de	Sensação de humidade	Instabilidade muscular	Termorregulação	Conforto sensorial	Design

Descreva o porque da escolha na qualificação do pior e do melhor?

Quanto à expectativas geral do conforto durante o exercício físico?						
Muito insatisfeito			Neutro			Muito satisfeito
1	2	3	4	5	6	7

## Anexo II – Termo de consentimento

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da pesquisa: Caracterização física de meias desportivas sob o ponto de vista do conforto e de compressão

Pesquisador: Nelson Maciel Gonçalves Pinto

Endereço: Universidade do Minho Escola de Engenharia Campus de Azurém 4800-058 Guimarães

Responsável: Prof. Doutora Maria José Araújo Marques Abreu Coordenadora do Projeto Dissertação e Prof. Doutor André Paulo de Almeida Whiteman Catarino Coordenador do Projeto Dissertação

Local de realização da pesquisa: Universidade do Minho - Campus Azurém

Endereço: Campus de Azurém 4800-058 Guimarães

#### A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Está a ser convidado a participar no projeto de pesquisa Caracterização física de meias desportivas sob o ponto de vista do conforto e de compressão. A finalidade deste trabalho comparar a compressão realizada por meias para desporto e que variáveis contribuem para a melhoria do seu desempenho do ponto de vista de compressão e de conforto térmico. Os dados que serão fornecidos por si contribuirão direta e indiretamente no desenvolvimento e aquisição de novas tecnologias para produção de meias de compressão para desporto. Solicitamos a sua colaboração para avaliar a qualidade do conforto das meias de compressão durante os testes físicos numa passadeira de tapete rolante, como também autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área têxtil e publicar em revista científica nacional e/ou internacional. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto. Esclarecemos que a sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

#### 1. Apresentação da pesquisa.

Já deve ter ouvido falar de plataformas de testes de produtos de algumas empresas que visam a Melhoria da qualidade e desenvolvimento de novo produtos. Esse tipo de avaliação é feito de forma direta ou indireta pelos consumidores. Dessa maneira os consumidores compartilham suas opiniões sobre o produto. Neste momento ambicionamos testar compressão e conforto térmico de meias de compressão comercializadas por uma marca portuguesa. A equipe avaliará o conforto térmico de amostras selecionadas de bonés contribuindo para o melhoramento do conforto. A equipe de avaliadores se reunirá 2 vezes por semana por um período de no máximo 2 horas.

2. Objetivos da pesquisa.

a. Avaliar as propriedades de conforto de materiais têxteis por meio da metodologia de análise sensorial e metodologia instrumental em Portugal;

3. Participação na pesquisa.

A sua participação na pesquisa seguirá os seguintes passos:

a. Responderá a algumas questões efetuadas pelo pesquisador. Essas informações (nome, idade, sexo, e-mail para contato), são extremamente importantes para a pesquisa;

b. Antes de iniciarmos os ensaios, você será medido pelos pesquisadores no perímetro da pantorrilha “normas?”;

c. Deverá estar vestido de t-shirt, calções e calçado com sapatilhas aptas para corrida;

d. Será convidado a entrar num laboratório com camara climatizada com temperatura de \_\_\_\_ ° C ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) e humidade relativa do ar de \_\_\_\_% ( $\pm 5\%$ );

e. Os pesquisadores irão solicitar para vestir as meias e responder a algumas questões. Em seguida, executará um teste com meias de algodão curta sem compressão e depois com meias de compressão de desporto com sensores de pressão e temperatura;

f. Será convidado a correr na passadeira por um período de 12 min. a velocidade km/h sem meias de compressão e uma mesmo período com meias de compressão. Neste período será fotografado com câmara fotográfica e camara fotográfica térmica e responderá a um questionário onde descreverá as sensações de conforto ou desconforto;

g. Caso aconteça algum problema durante a realização do teste, o mesmo pode ser interrompido.

4. Confidencialidade.

Os participantes da pesquisa serão codificados por números (voluntario 1, voluntario 2, entre outros.) na ocasião da apresentação pública dos resultados da experiência. Os outros dados pessoais fornecidos não serão divulgados, sob hipótese alguma.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios.

5a) Desconfortos e ou Riscos: poderá ocorrer um desconforto por constrangimento, em relação a:

- entendimento dos procedimentos: mas que será sanada prontamente quando questionado;
- um leve desconforto em relação ao vestir da meia por causa da sua compressão e dos sensores térmico e de humidade.

5b) Benefícios: Não há benefício direto aos participantes da pesquisa; contudo, estará a contribuir para o desenvolvimento da pesquisa científica na área de conforto sensorial de produtos têxteis.

6. Critérios de inclusão e exclusão.

6a) Inclusão: Poderá participar nesta pesquisa se for desportista regular. Poderão participar homens dos 18 até 50 anos, que possuam boa capacidade física VO<sub>2</sub>max medio ou superior, capacidade de descrever os produtos e verbalizar as sensações. Ter, perímetro da pantorrilha entre 37 e 42mm

6b) Exclusão: Não poderão participar nesta experiência os voluntários que tenham aversão ao uso de meias de compressão; ocorrência de dores musculares nos membros inferiores.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

Poderá abandonar a experiência a qualquer hora ou solicitar mais informações sobre o mesmo, também em qualquer etapa dos testes. Não haverá penalidade alguma se recusar a assinar este termo, ou se quiser retirá-lo, mesmo já assinado.

Pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

( ) quero receber os resultados da pesquisa (email para envio : )

( ) não quero receber os resultados da pesquisa

Ressarcimento ou indenização.

Não está previsto qualquer tipo de pagamento e/ou ressarcimento de tipo algum para esta experiência ao participante. Contudo, haverá indenização caso a pesquisa ocasione algum tipo de dano.

## B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, benefícios, ressarcimento e indenização relacionados a este estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar neste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento obtenham fotografia, filmagem ou gravação de voz de minha pessoa para fins de pesquisa científica/educacional. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas a minha pessoa possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma.

Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo.

Nome completo: \_\_\_\_\_

Data Nascimento: \_\_\_\_/ \_\_\_\_/ \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/ \_\_\_\_/ \_\_\_\_\_

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado os seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome completo: **Nelson Maciel Gonçalves Pinto**

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão contatar com Nelson Maciel Gonçalves Pinto, via e-mail: [maciel.gpinto@gmail.com](mailto:maciel.gpinto@gmail.com) ou telefone: 967 824 866.

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa

Data: \_\_\_\_\_

Assinatura pesquisador

Anexo III – Imagens das meias de compressão utilizadas



Figura A. 1. Meia A



Figura A. 2. Meia B



Figura A. 3. Meia C



Figura A. 4. Meia D



Figura A. 5. Meia E

Anexo IV – Tabelas de registo de temperatura e humidade *thermodata*

Tabela A. 1. Registo de resultados de temperatura voluntário 1

Minuto V1	Temperatura °C			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	30,6	31,1	27,1	29,6
2	30,6	31,1	27,1	29,6
3	30,6	31,1	27,1	29,6
4	31,1	31,6	27,1	30,1
5	31,1	31,6	27,1	30,1
6	31,1	31,6	27,1	30,6
7	31,6	32,1	27,1	30,6
8	31,6	32,1	27,6	31,1
9	31,6	32,1	27,6	31,6
10	31,6	32,1	27,6	32,1
11	31,6	32,1	28,1	32,6
12	31,6	32,1	28,1	33,1

Tabela A. 2. Registo de resultados de temperatura voluntário 2

Minuto v2	Temperatura °C			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	29,6	29,6	29,6	31,1
2	29,6	29,6	29,6	31,1
3	29,6	29,1	29,6	31,6
4	29,6	29,6	29,6	31,6
5	30,1	29,6	29,6	31,6
6	30,1	29,6	29,6	32,1
7	30,6	29,6	29,6	32,1
8	30,6	30,1	30,1	32,6
9	31,6	30,1	30,1	33,1
10	31,6	31,1	30,6	33,1
11	32,1	31,6	31,1	33,6
12	32,6	31,6	31,1	33,6

**Tabela A. 3.** Registo de resultados de temperatura voluntário 3

Minuto v3	Temperatura °C			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	30,1	30,6	28,6	29,6
2	30,1	30,6	28,6	29,6
3	30,1	30,6	28,6	29,6
4	30,1	30,6	28,6	30,1
5	30,6	31,1	28,6	30,6
6	30,6	31,1	29,1	30,6
7	30,6	31,6	29,1	31,1
8	31,1	31,6	29,1	31,6
9	31,1	32,1	29,6	31,6
10	31,1	32,1	29,6	32,1
11	31,1	32,1	29,6	32,6
12	31,6	32,6	29,6	33,1

**Tabela A. 4.** Registo de resultados de temperatura voluntário 4

Minuto v4	Temperatura °C			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	30,6	31,6	29,1	29,6
2	30,6	31,6	29,1	29,1
3	30,1	31,1	28,6	28,6
4	30,1	31,1	28,1	28,6
5	30,1	31,6	28,1	28,6
6	30,6	32,1	28,1	28,6
7	30,6	32,1	28,1	28,6
8	31,1	32,6	28,6	29,1
9	31,1	32,6	28,6	29,1
10	31,1	32,6	28,6	29,1
11	31,6	32,6	28,6	29,6
12	31,6	33,1	29,1	30,6

**Tabela A. 5.** Registo de resultados de temperatura voluntário 5

Minuto v5	Temperatura °C			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	29,6	30,1	29,1	31,1
2	29,1	30,1	28,6	30,6
3	29,1	30,1	28,6	30,6
4	29,6	30,1	28,6	30,6
5	30,1	30,1	28,6	31,1
6	30,1	30,1	28,6	31,1
7	30,6	30,1	28,6	31,1
8	31,1	30,1	28,6	31,6
9	31,1	30,1	28,6	31,6
10	31,6	30,1	29,1	32,1
11	31,6	30,1	29,1	32,6
12	32,1	30,6	29,1	32,6

**Tabela A. 6.** Registo de resultados de humidade % voluntário 1

Minuto V1	Humidade %			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	48,7	47	80,8	53,5
2	49,3	48,3	88,3	54,1
3	48,7	48,3	92,9	53,5
4	49,4	47,7	92,9	53,5
5	49,4	48,3	94,9	53,5
6	49,4	47,7	95,9	52,4
7	48,8	48,4	95,4	53
8	49,4	48,4	96,4	53
9	49,4	48,4	96,4	51,9
10	49,4	48,4	96,9	50,8
11	50	49	96,9	50,2
12	50	49	97,5	49,7

**Tabela A. 7.** Registo de resultados de humidade % voluntário 2

Minuto V2	Humidade %			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	52,9	83,8	93,7	94,2
2	52,9	92,1	95,7	94,7
3	53,5	94,1	96,7	95,2
4	54,1	95,6	96,7	95,7
5	52,9	96,1	96,7	96,2
6	52,9	96,6	96,7	96,2
7	52,4	97,1	97,2	97,7
8	51,8	97,7	98,2	97,3
9	53,7	97,2	98,2	97,3
10	55,5	98,3	98,2	97,3
11	55,5	97,4	98,2	98,4
12	56,2	98,8	98,8	98,4

**Tabela A. 8.** Registo de resultados de humidade % voluntário 3

Minuto v3	Humidade %			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	100	71,8	72,1	81,3
2	100	64,8	73,3	81,8
3	100	67,1	74,9	81,3
4	100	69,4	82,6	82,9
5	100	77,4	88,9	88,7
6	100	89,2	94,1	92,7
7	100	94,4	95,1	93,7
8	100	95,9	96,1	94,8
9	100	96,5	96,1	95,7
10	100	96	96,7	96,3
11	100	97	96,7	96,3
12	100	97,5	96,2	95,5

**Tabela A. 9.** Registo de resultados de humidade % voluntário 4

Minuto v5	Humidade %			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	72,5	48,3	52	51,1
2	74,1	45,8	48,3	49,2
3	86,3	46,4	49,5	49,7
4	94,8	47	50,7	49,7
5	97,9	46,4	50,7	51
6	98,9	45,8	51,3	51
7	98,9	44,5	51,9	51
8	99,8	45,3	51,4	52,2
9	100	44,6	52	51
10	100	44,6	52,6	51
11	100	44,6	52,6	51
12	100	44	52,6	51

**Tabela A. 10.** Registo de resultados de humidade % voluntário 5

Minuto v5	Humidade %			
	Frente pantorrilha	Trás pantorrilha	Frente Tornozelo	Trás Tornozelo
1	100	83,3	92,1	93,7
2	100	87,5	93,5	95,1
3	100	91,2	95	96,1
4	100	93,7	97	97
5	100	95,2	97,5	97
6	100	96,2	97	96,1
7	100	96,7	97	97,1
8	100	96,7	97,5	97,1
9	100	97,7	98	97,7
10	100	96,2	98	97,7
11	100	97,7	98,6	98,3
12	100	98,2	97,6	98,3