



**Nadiya Rodrigues Khorobchuk**

Licenciada em Engenharia Biomédica

**Aplicação da termografia para deteção e  
caracterização da severidade das  
Espondiloartrites**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Biomédica

Orientador: Valentina Vassilenko, Professor Doutora,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade  
Nova de Lisboa

Co-orientador: Fernando M. Pimentel dos Santos,  
Professor Doutor e Médico reumatologista de hospital  
Egas Moniz



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Dezembro de 2016**



---

**Nadiya Rodrigues Khorobchuk**

Licenciada em Engenharia Biomédica

**Aplicação da termografia para deteção e  
caracterização da severidade das  
Espondiloartrites**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Biomédica

Orientador: Valentina Vassilenko, Professor Doutora,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade  
Nova de Lisboa

Co-orientador: Fernando M. Pimentel dos Santos,  
Professor Doutor e Médico reumatologista de hospital  
Egas Moniz



---

## **Aplicação da termografia para deteção e caracterização da severidade das Espondiloartrites**

Copyright© 2016. Todos os direitos reservados. Nadiya Rodrigues Khorobchuk, Faculdade de Ciências e Tecnologia e Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



---

# Agradecimentos

Gostava de agradecer a todos que de uma forma direta ou indireta participaram nesta fase da minha vida, ajudaram e motivaram para realizar esta dissertação:

À Professora Doutora Valentina Vassilenko, pelo apoio e orientação, pelas críticas construtivas, disponibilidade e paciência que teve durante todo esse percurso.

Ao Professor Fernando M. Pimentel dos Santos, pelos ensinamentos e disponibilidade ao longo deste tempo.

À Eduarda Silva, pela ajuda e partilha de equipamento e sua grande simpatia.

Ao Sandro Freitas pela cooperação e auxílio, pela partilha de conhecimento e pela disponibilização dos equipamentos durante a realização deste trabalho.

Ao Centro de Estágios Sport Lisboa e Benfica pela disponibilização das infra-estruturas para a realização das medições.

Ao Santiago Rodrigues pela partilha de conhecimento.

Ao meu marido, Rui Rodrigues pela paciência, apoio, ajuda ortográfica e tempo que esteve com o nosso bebé.

Ao meu bebé, Fernando Khorobchuk, que fez poucas birras durante a realização deste trabalho.

À minha mãe, Ulyana Khorobchuk e ao pai, Ihor Khorobchuk pelo carinho, miminhos e disponibilidade para ficar com o bebé, durante a realização do presente trabalho.

À minha irmã Khrystyna Khorobchuk pela compreensão e pelos momentos de distração essenciais para motivar o trabalho.



---

*“Should one part of the body be hotter or colder than the rest, then disease  
is present in that part.”*

Hipocrates



---

## Resumo

A inflamação é a base de muitas doenças, pelo que o estudo da inflamação é essencial. As Espondiloartrites (SpA) são doenças inflamatórias que envolvem ligamentos e tendões de coluna. A SpA afeta a coluna vertebral lombossacra, pernas, região do tendão de Aquiles e calcanhar, e membros superiores [1]. A SpA caracteriza-se por envolvimento axial e / ou periférica do corpo humano[24]. As SpA são: espondilite anquilosante, artrite reativa, artrite psoriática, artrite associada com doença de Crohn, espondiloartrite de início juvenil e espondiloartrite indiferenciada [10].

A condição física e qualidade de vida dos pacientes estão diretamente relacionados com o processo inflamatório e da gravidade da doença, devido à anquilose das articulações. Para a melhoria e aumento dos tratamentos médicos, ocorreram grandes avanços tecnológicos. No entanto, o mesmo não acontece em diagnósticos na fase inicial, quando as doenças são assintomáticas.

No final deste projeto, pretende-se contribuir para o alargamento do conhecimento no diagnóstico das espondiloartrites radiográficas e não radiográficas através da técnica de termografia.

A análise de mapas de termografia é um dos métodos mais modernos de diagnóstico. É uma técnica não invasiva que utiliza a radiação infravermelha emitida naturalmente a partir da superfície da pele. É capaz de detetar doenças, muitas vezes não detetados por outros métodos e de forma mais precoce [10].

Com este trabalho pretende-se desenvolver um protocolo de aquisição segundo as normas de aquisição das imagens termográficas aplicadas a medicina. Pretende-se desenvolver um algoritmo que permita o tratamento de imagens termográficas de uma forma digital, proporcionando a monitorização digital do desenvolvimento das espondiloartrites.

Com os dados obtidos conseguiu-se fazer uma análise da amostra com patologia, verificando-se uma diferença significativa no grau de assimetria da zona lombar na região de L1, uma diferenciação de cerca de 7% nos casos patológicos em relação ao caso saudáveis.

**Palavras-chave:** Termografia, Espondiloartrites, Zona lombar, vértebra L1.



---

## Abstract

The inflammation is the basis of many diseases, so the study of inflammation is essential. Spondyloarthritis (SpA) are inflammatory diseases involving ligaments and tendons column. SpA affects the lumbosacral spine, legs, the achilles tendon and heel region, and upper limbs [1]. SpA is characterized by axial and / or peripheral engagement [24]. Disorders that form the SpA group include: ankylosing spondylitis, reactive arthritis, psoriatic arthritis, arthritis associated with Crohn's disease, juvenile-onset spondyloarthritis of undifferentiated spondyloarthritis. [10].

The physical condition and quality of life of the patients are closely related to inflammation and disease severity due to ankylosis of the joints. For the improvement and increase of medical treatments, there have been major technological advances. However, the same does not happen in diagnosis at an early stage when the disease is asymptomatic.

At the end of this project, we intend to contribute to the expansion of knowledge in the diagnosis of radiographic and no radiographic spondyloarthritis by thermography technique.

Thermography maps analysis is one of the most modern diagnostic methods. It is a noninvasive technique that uses infrared radiation naturally emitted from the skin surface. It is able to detect many diseases, often not detected by other methods and even earlier forms [10].

This work aims to develop a protocol of acquisition, according to the rules of acquisition of thermographic images applied to medicine. Another objective is to develop an algorithm that allows the treatment of thermographic images of a digital form, providing the digital monitoring of the development of spondyloarthritis.

With the data obtained, despite having a sample with significantly reduced pathology, could note a significant difference in the degree of asymmetry in the L1 lumbar region, a difference of about 7% in pathological cases compared to healthy case.

**Keywords:** Thermography, Spondyloarthritis, lumbar area, vertebrae L1



---

# Índice

## Capítulo 1

Introdução	
1.1 Enquadramento .....	pág.1
1.2 Estrutura do trabalho.....	pág.2
1.3 Estado de arte.....	pág.3
1.4 Aplicação da Termografia.....	pág.3
1.5 Espondiloartrite .....	pág.5
1.6 Diagnóstico .....	pág.8
1.7 Terapia.....	pág.9

## Capítulo 2

Materiais e Métodos	
2.1 Princípios Físicos.....	pág.11
2.2 Termógrafo.....	pág.12
2.3 Parâmetros do protocolo de aquisição.....	pág.13
2.4 Experiência .....	pág.15
2.5 Protocolo experimental de termografia.....	pág.17
2.6 Algoritmo.....	pág.18

## Capítulo 3

Discussão e Resultados .....	pág.25
------------------------------	--------

## Capítulo 4

4.1 Conclusão.....	pág.35
4.2 Perspetivas futuras.....	pág.37

<b>Bibliografia</b> .....	pág.38
---------------------------	--------

## Anexos

Anexo 1 – Medições realizadas em amostra de controlo de 1 – 22.....	pág.41
Anexo 2 – Medições realizadas em amostra diagnosticada de 1 – 5.....	pág.45



---

# Índice de Figuras

<b>Figura 1.4.1-</b> Algumas das aplicações da termografia (a [5], b [6], c [7], d [8]).....	3
<b>Figura 1.4.2-</b> Termografia das costas dos pacientes, com a linha vertical a marcar a coluna vertebral do paciente saudável (H) e do paciente que sofre de espondilite anquilosante (AS) [10].....	4
<b>Figura 1.5.1</b> - Esquema da família de doenças de espondiloartrites e a sua relação de acordo com a avaliação dos critérios de classificação [14]. ....	6
<b>Figura 1.5.2</b> - Sacroileíte assimétrica – característica radiográfica comum de artrite psoriática. Neste caso o paciente possui a inflamação do grau 3 da articulação sacro ilíaca esquerda enquanto a sacra ilíaca direita permanece inalterada [18].....	7
<b>Figura 1.6.1</b> – Classificação do estado das espondiloartrites conforme o resultado do teste de ASDAS [14].....	9
<b>Figura 2.3.1</b> – Vista de cima da realização do exame de termografia.....	14
<b>Figura 2.3.2</b> – Termografias adquiridas nas instalações hospitalares. Imagem a) vista dorsal do corpo com a roupa e b) vista dorsal do corpo sem roupa.....	14
<b>Figura 2.3.3</b> – Termografias adquiridas nas instalações hospitalares. Imagem a) vista regional do corpo (mãos) sem uma fundo negro e b) vista regional do corpo (mãos) com fundo negro.....	14
<b>Figura 2.4.1</b> - Definição das quatro regiões de interesse, ROI. adaptado pelo <i>International Thermology</i> em 2008, vista cervical e dorsal.....	16
<b>Figura 2.4.2</b> – Definição das duas regiões de interesse, ROI, adaptado pelo <i>International Thermology</i> em 2008, vista lombar do corpo humano. ....	17
<b>Figura 2.6.1</b> – Algoritmo desenvolvido com o auxílio da ferramenta MatLab, para o tratamento digital das termografias adquiridas durante o presente estudo.....	19
<b>Figura 2.6.2</b> – Janela do ambiente de trabalho do programa desenvolvido, demonstração dos Limites verticais.....	19
<b>Figura 2.6.3</b> – Janela do ambiente de trabalho do programa desenvolvido, modo de definição das vertebrae com o auxílio de barras horizontais.....	20
<b>Figura 2.6.4</b> – Somatório das temperaturas ao longo do plano axial definido pelas vértebras lombares L1, L2, L3, L4, L5.....	20
<b>Figura 2.6.5</b> – Um conjunto de dados fornecidos pelo programa, as temperaturas central e periféricas e diferença entre elas.....	21

---

<b>Figura 2.6.6</b> – Um conjunto de dados fornecidos pelo programa, as temperaturas mínima e máxima da coluna vertebral.....	21
<b>Figura 2.6.7</b> – Janela do ambiente de trabalho do programa desenvolvido, obtenção do coeficiente de assimetria.....	22
<b>Figura 2.6.8</b> – Gráfico fornecido pelo programa com a variação das temperaturas ao longo do plano axial definido pela barra horizontal vermelha.....	23
<b>Figura 2.6.9</b> – Gráfico fornecido pelo programa com o cálculo da diferença das temperaturas dos ambos os lados da coluna vertebral.....	23
<b>Figura 3.1</b> – Algumas das termografias adquiridas do grupo de controlo (saudáveis).....	26
<b>Figura 3.2</b> – Algumas das termografias adquiridas do grupo de pacientes com a patologia....	27
<b>Figura 3.3</b> – Demonstração do cálculo do coeficiente de assimetria, segundo o plano horizontal definido.....	27

---

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 2.2.1</b> – Caraterísticas da câmara FLIR® [26].....	13
<b>Tabela 3.1</b> - Dados antropométricos dos voluntários.....	25
<b>Tabela 3.2</b> - Dados antropométricos dos pacientes com SpA.....	26
<b>Tabela 3.3</b> - Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L1.....	28
<b>Tabela 3.4</b> - Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L2.....	28
<b>Tabela 3.5</b> - Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L3.....	28
<b>Tabela 3.6</b> - Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L4.....	29
<b>Tabela 3.7</b> - Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L5.....	29
<b>Tabela 3.8</b> - Média da variação dos coeficientes de assimetria em toda a zona lombar da amostra de controlo.....	29
<b>Tabela 3.9</b> - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L1, da amostra que apresenta patologia.....	30
<b>Tabela 3.10</b> - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L2, da amostra que apresenta patologia.....	30
<b>Tabela 3.11</b> - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L3, da amostra que apresenta patologia.....	30

---

<b>Tabela 3.12</b> - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L4, da amostra que apresenta patologia.....	31
<b>Tabela 3.13</b> - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L5, da amostra que apresenta patologia.....	31
<b>Tabela 3.14</b> - Média da variação dos coeficientes de assimetria em toda a zona lombar da amostra com SpA.....	31
<b>Tabela 3.15</b> - Variação das temperaturas na amostra saudável, ao nível de toda a zona lombar.....	32
<b>Tabela 3.16</b> - Variação das temperaturas na amostra que apresenta patologia, ao nível de toda a zona lombar.....	32

---

## Lista de Siglas e Abreviaturas

**ASDAS** - *Ankylosing Spondylitis Disease Activity Score*

**ASAS** - *Assessment in Spondyloarthritis International Society*

**axSpA** - espondiloartrite axial

**BASDAI** - *Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index*

**DII**- Doença Inflamatória Intestinal

**DMARD**- *Disease Modifying Antirheumatic Drug*

**HLA-B27** - *Human leukocyte antigen (subtypes B\*2701-2759)*

**EA**- espondilite anquilosante

**FOV** –*Field of View*

**SpA** – espondiloartrite

**USpA** - Espondiloartrite indiferenciada

**VS**- velocidade de sedimentação

**PCR** – proteína C reativa

**TNF**- *Tumor Necrosis Factor*

**RM**- Ressonância magnética

**ROI**- *Region of interest*

**µm** – micro metros





# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento

A comunidade médica sabe que o estudo da inflamação é essencial, oferecendo uma oportunidade na pesquisa biomédica e de cuidados de saúde. Isto deve-se ao facto de inflamação ser a base de muitas doenças.

Devido a grande importância do estudo e monitorização da inflamação presente no nosso corpo surgiu a necessidade do presente trabalho – “Aplicação da termografia para deteção e caracterização da severidade das Espondiloartrites”. Este trabalho visa explorar a aplicação da termografia na caracterização da manifestação e severidade das doenças de espondiloartrites. Deste modo surgiu a necessidade de desenvolver um protocolo, segundo as normas de aquisição das imagens termográficas aplicadas a medicina, mundialmente aceites. Pretende-se ainda desenvolver um algoritmo que permita o tratamento de imagens termográficas de uma forma digital, proporcionando a monitorização digital do desenvolvimento das espondiloartrites.

Espondiloartrites (SpA) englobam um grupo de doenças inflamatórias da coluna envolvendo ligamentos e tendões nas interfaces entre o osso e a cartilagem articular (entesites). Afeta a coluna lombossacra, membros inferiores, região de tendão de Aquiles e calcanhar, além de membros superiores SpA. É a forma mais comum de artrite inflamatória, com um fundo genético pesado, caracterizada por artrite axial e/ou periférica, associada a entesite e manifestações extra-articulares. Os distúrbios que formam o grupo das SpA são: espondilite anquilosante (EA), artrite reativa, artrite psoriática, artrite associada à doença de Crohn, espondiloartrite de início juvenil e espondiloartrite indiferenciada [1].

No sentido do melhoramento e aumento dos tratamentos médicos, grandes avanços tecnológicos se têm verificado. Contudo, o mesmo não acontece com os meios de diagnóstico de doença que

---

em fase inicial é assintomática, sendo que as técnicas atuais nem sempre conseguem fornecer a informação necessária.

Até ao momento, a melhor forma de realizar a avaliação das espondiloartrites é através da radiografia, ressonância magnética, índices BASDAI e ASDAS e sobretudo através da anamnese e no exame físico[1].

Deste modo surge a técnica de Termografia, já utilizado em alguns dos serviços médicos como por exemplo na Oncologia, para responder a questões subjacentes a inflamação.

A análise dos mapas termográficos é um dos métodos mais modernos de diagnóstico por imagem digital da atualidade. É uma técnica não-invasiva que usa a radiação infravermelha naturalmente emitida a partir da superfície da pele. É capaz de detetar inúmeras doenças, muitas vezes não detetadas por outros métodos e de forma mais precoce. Outra das inúmeras vantagens desta técnica é o tempo de aquisição, que é muito reduzido quando comparável com outros exames.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema e uma descrição dos fundamentos teóricos e físicos da termografia e a sua aplicação. Neste capítulo também é apresentada uma síntese das doenças de espondiloartrites.

No segundo capítulo é feita a descrição dos parâmetros da experiência, dos materiais utilizados e das metodologias estabelecidas para a realização do presente trabalho.

No terceiro capítulo são apresentados, interpretados e discutidos os resultados obtidos, dos indivíduos saudáveis e casos patológicos.

O quarto capítulo reúne as conclusões deste trabalho como também as sugestões de trabalhos futuros.

---

## 1.3 Estado de Arte

Ainda na antiguidade clássica os filósofos gregos demonstraram uma enorme curiosidade em relação ao calor e a vida, tentando perceber os modos como o calor era libertado do corpo humano. Hipócrates notou pelo tato que existem variações de temperatura em diferentes zonas do corpo humano[2].

Em 1800 com a descoberta da radiação infravermelha por Frederick William Hershel, foi possível a recolha das primeiras imagens térmicas realizadas por John Hershel, conseguindo assim demonstrar que o calor pode ser capturado sob a forma de imagem [3].

Em 1957, os primeiros estudos de termografia aplicados a medicina, realizados pelo Lawson na área do cancro da mama, utilizavam transmissores que detetavam o calor emitido pelo corpo humano e transformavam-no em sinais elétricos possibilitando assim a comparação bilateral. O aumento da temperatura cutânea desigual representava a zona afetada. Desde aí tem havido uma grande evolução da tecnologia utilizada e das aplicações [4]

## 1.4 Aplicação da termografia

A termografia é uma técnica não invasiva e não destrutiva, sendo utilizada em diversas áreas, está ilustrado na Figura 1.4.1, como por exemplo na construção civil, na eletrónica, nas instalações elétricas, indústria automóvel, na segurança, na medicina e veterinária, entre muitos outros.



**Figura 1.4.1-** Algumas das aplicações da termografia (a [5], b [6], c [7], d [8]).

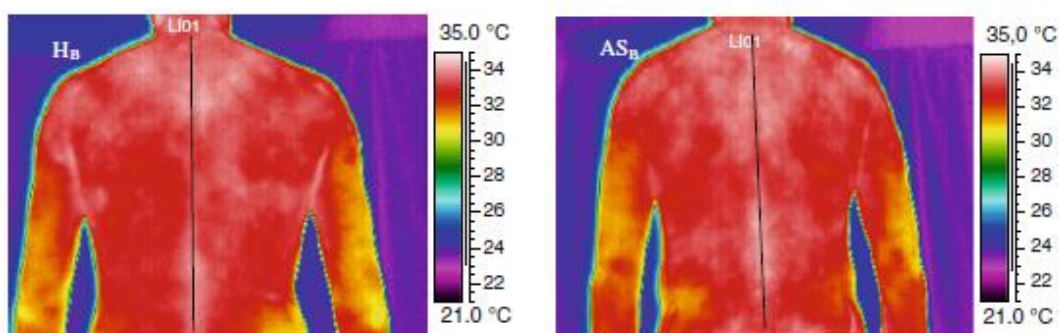
Sendo também esta técnica não radiante (pode ser utilizada em crianças e grávidas), indolor e muito rápida, a termografia usa-se na medicina com o fim de analisar funções fisiológicas de patologias relacionadas com a homeostasia do corpo humano[8]. A deteção das doenças é possível ainda no estado precoce, quando não há alterações a nível físico e os meios complementares de diagnóstico nada revelam. Estas patologias podem ser associadas a vasodilatações locais, hipertermia, hipoperfusão, e hipermetabolismo que gera fontes de temperatura elevada. Ainda poderão ser visíveis regiões com vasoconstrição e falta de perfusão que originam fontes de temperatura baixa[2].

Esta ferramenta de diagnóstico médico é mais utilizada nas especialidades de oncologia (cancro da mama e pele), desordens vasculares, cirurgias e desordens respiratórias.

Apesar de poucos estudos realizados na área de imagem térmica aplicada a espondiloartrites, existem alguns estudos que podem ser relacionados de uma forma direta ou indireta.

Segundo o estudo realizado [10], a terapia de SpA e AS através de crio-terapia demonstraram resultados relevantes através da imagem termográfica. Segundo este estudo as anomalias são observadas ao longo da coluna vertebral. Através da comparação dos exames dos pacientes saudáveis e dos que sofrem da espondiloartrite, tal como podemos observar na Figura 1.4.2, conclui-se que a zona lombar inferior é o foco desta doença[10].

Este estudo recente demonstrou que a imagem termográfica possui um grande potencial no diagnóstico de SpA e AS.



**Figura 1.4.2** - Termografia das costas dos pacientes, com a linha vertical a marcar a coluna vertebral do paciente saudável (H) e do paciente que sofre de espondilite anquilosante (AS) [10].

---

Através dos estudos anteriores conclui-se que a condutividade térmica da gordura é muito baixa, pelo que em contraste com o músculo constitui um bom isolador. Nas termografias, a pele sobre tecido adiposo aparece mais fria do que sobre o músculo. A pele sobre as estruturas ósseas aparece frio devido a ausência de tecido mole, e tecidos avasculares igualmente aparecerão como zonas frias. As cicatrizes muito grandes apareceram como locais frios devido ao baixo metabolismo desta zona. Por outro lado, hematomas, infeções, grandes veias e a pele sobre o músculo aparecerão como locais quentes [11].

## 1.5 Espondiloartrite

As espondiloartrites integram um grupo de doenças mediadas pela inflamação crónica que abrange uma variedade de características clínicas, radiológicas e genéticas. Esta família de doenças reumáticas inflamatórias afeta a coluna e as articulações vertebrais e sacroilíacas, ligamentos e tendões, muitas vezes associada ao gene HLA-B27, que possui um papel de marcador genético [12].

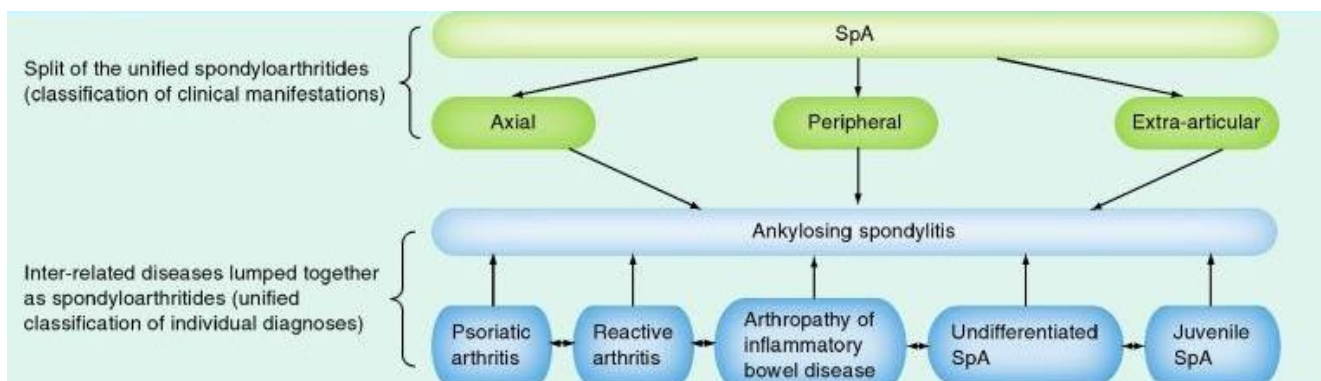
Um grupo de genes localizado no cromossoma 6 possui a função de codificação de anticorpos HLA, que desempenham um importante papel na resistência e suscetibilidade às doenças. Este anticorpo associado às doenças autoimunes possui uma maior probabilidade (suscetibilidade genética) de manifestar a doença.

As espondiloartrites incluem espondilite anquilosante, artrite reativa, artrite psoriática, artrite associada à doença de Crohn, espondiloartrite juvenil espondiloartrite indiferenciada, como esquematizado na Figura 1.5.1.

A associação *Ankylosing Spondylitis Disease Activity Score* estabeleceu novos critérios de diagnóstico do grupo de doenças de espondiloartrites, uma vez que cada uma das doenças que constitui este grupo possui características clínicas semelhantes e predisposição genética comum. As SpA ocorrem frequentemente em combinação com outras doenças autoimunes, tais como psoríase, uveíte anterior aguda e Doença Inflamatória Intestinal [13].

As espondiloartrites axiais enfatiza as lombalgias (>3 meses), associado a sacroileíte diagnosticada por imagem de raios-X ou RMN e a presença do HLA-B27. A espondiloartrite

periférica está associada ao diagnóstico precoce dos sintomas de psoríase, doença inflamatória intestinal, uveíte, além da presença da molécula HLA-B27.



**Figura 1.5.1** - Esquema da família de doenças de espondiloartrites e a sua relação de acordo com a avaliação dos critérios de classificação [14].

A forma mais prevalente das SpA é a **Espondilite anquilosante** (EA), que é caracterizada pela rigidez e idade de início dos sintomas, quando as pessoas têm desenvolvido a sua força músculo-esquelética completa e estão a começar sua vida profissional. A EA afeta a coluna vertebral, atingindo primariamente as articulações sacroilíacas. Contudo pode ainda envolver as grandes articulações dos membros inferiores. Além de atingir as articulações, as inserções dos ligamentos, como por exemplo o tendão de Aquiles, também podem ser a grande sede de inflamação. Em cerca de 90% dos doentes é possível identificar o marcador genético HLA-B27. Todavia muitos dos indivíduos saudáveis são portadores deste alelo, sabendo que é um alelo recessivo, pelo que apenas alguns destes indivíduos sofrerão da espondilite anquilosante [15].

A **Artrite reativa** caracteriza-se pela presença do processo inflamatório nas costas e a oligoartrite, que afeta menos de cinco grandes articulações, seguindo-se de infeções bacterianas do trato digestivo e urogenital. A oligoartrite pode ser adicional ou migratória, no primeiro caso são afetadas progressivamente mais articulações, enquanto no segundo, novos focos de artrite surgem com o cessar dos anteriores. Esta forma de artrite é geralmente desencadeada pelas infeções gastrointestinais, afetando ambos os sexos na faixa etária de 20-40 anos [16].

A **Artrite psoriática** é uma condição imuno-mediada que se desenvolve em associação com a psoríase. Esta doença está associada a dor, sensibilidade e rigidez, uma vez que determina a destruição dos osso e articulações [17]. O critério de distinção desta artrite das outras está na presença de entesopatia e sacroileíte assimétrica [18], tal como mostra a Figura 1.5.2.



**Figura 1.5.2** - Sacroileíte assimétrica – característica radiográfica comum de artrite psoriática. Neste caso o paciente possui a inflamação do grau 3 da articulação sacro ilíaca esquerda enquanto a sacra ilíaca direita permanece inalterada [18].

A **Artrite associada à doença de Crohn ou colite ulcerativa** constitui as DII, são associadas a inflamação do cólon e intestino delgado. Além destes distúrbios inflamatórios possui várias manifestações extra intestinais, tais como envolvimento ocular, manifestações dermatológicas, pulmonares, complicações a nível biliar, anemia e trombo-embolismo [19].

Na **Espondiloartrite juvenil** o fator determinante desta doença é geralmente genético e ambiental, atingindo jovens entre 17-35 anos. Os jovens do sexo masculino são afetados três vezes mais do que os do sexo feminino [20].

A **Espondiloartrite indiferenciada (USpA)** ocorre quando a existências de alguns sintomas não é suficiente para um diagnóstico específico de espondiloartrite. A USpA pode representar uma fase inicial ou de forma incompleta da EA ou de outra espondiloartropatia.

Nas espondiloartrites ocorre uma destruição progressiva das articulações, caracterizada pela perda de cartilagem e produção de osteófitos, podendo conduzir a um estreitamento do forame neural nas regiões lombares e estenose da coluna vertebral, causando assim um processo inflamatório. Este processo inflamatório ocorre devido a um aumento do fluxo sanguíneo e demais líquidos corporais migrados para o local afetado, isto traduz-se num aumento de temperatura local. Deste modo será possível a detecção de anomalias através dos mapas termográficos, uma vez que capturam a radiação infravermelha originária destes locais lesados [21].

---

## 1.6 Diagnóstico

O diagnóstico da espondiloartrite baseia-se em imagens radiológicas, exames laboratoriais e sobretudo na anamnese e no exame físico. A atividade da doença é avaliada pela BASDAI, *Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index*, porém este teste é de caráter subjetivo uma vez que depende da interpretação do paciente. Este teste incorpora uma escala de 1, não apresentando quaisquer distúrbios e 10 apresentando o pior cenário. Este teste consiste num questionário composto por seis perguntas relacionada com os sintomas da espondiloartrite:

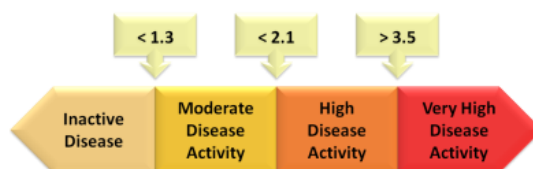
- Fadiga
- Dores da coluna vertebral
- Dores nas articulações/inchaço
- Entesite (inflamação dos tendões e ligamentos)
- Duração da rigidez matinal
- Gravidade da rigidez matinal [22]

O índice BASDAI demonstrou confiabilidade estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) e uma sensibilidade à mudança dentro de um curto período de tempo, ou seja, na sequência de um curso de fisioterapia ocorre uma significativa melhoria de pontuação [23].

Outros marcadores de inflamação são Velocidade de Sedimentação e Proteína C Reativa, segundo os critérios de ASAS, elevados níveis são um indício do processo de inflamação. Porém estes dados podem ser influenciados por outras doenças associadas como por exemplo diabetes, gamopatia monoclonal ou outros tipos do cancro.

O teste de ASDAS incorpora os dados laboratoriais do paciente como VS, PCR, eritrócitos, os índices de medição da dor e rigidez e ainda o índice BASDAI. Na Figura 1.6.1, verifica-se o modo de classificação deste teste. Este teste possui melhores resultados do que BASDAI.

ASDAS disease activity states



**Figura 1.6.1** – Classificação do estado das espondiloartrites conforme o resultado do teste de ASDAS [14].

## 1.7 Terapia

Os pacientes que sofrem de espondiloartrites sentem uma melhoria durante a execução de uma atividade, porém durante repouso a dor piora, seguindo-se de rigidez matinal dos ossos. A primeira linha de terapia baseia-se nos anti-inflamatórios não esferóides, com o fim de fornecer uma boa qualidade de vida para os pacientes.

As recomendações para o tratamento de SpA em condição ativa, indica o uso de anti-inflamatórios não esteróides juntamente com os inibidores TNF. Aos doentes que sofrem de DII é recomendado a prescrição de anticorpos monoclonais de TNF. Quanto às DMARDs demonstram eficácia sobre as manifestações periféricas porém não possuem um papel importante no tratamento das doenças axiais.



---

# Capítulo 2

## Materiais e Métodos

### 2.1 Princípios Físicos da Termografia

A transferência de calor por radiação possui um grande valor na medicina. A superfície do corpo humano realiza trocas de calor com o ambiente como parte do processo normal de termorregulação. A maior parte desta transferência de calor ocorre na gama dos infravermelhos, que caracteriza-se por um comprimento de onda compreendido entre  $0,75\mu\text{m}$  e  $1000\mu\text{m}$ . Todos os corpos que possuem temperatura à superfície superior a zero graus absolutos, emitem radiação térmica. Posteriormente estas transferências podem ser visualizadas de forma digital.

O corpo humano absorve e emite radiação infravermelha, correspondendo essa energia à temperatura da superfície radiante. Esta transferência de energia é descrita pela seguinte equação:

$$q = \varepsilon\sigma AT^4$$

$\varepsilon$ , a emissividade dos materiais ( $0 \leq \varepsilon \leq 1$ );

$\sigma$ , constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$ );

A, área do corpo (m<sup>2</sup>);

T, temperatura do corpo (K).

A pele humana é quase um emissor perfeito de radiação infravermelha assemelhando-se assim ao corpo negro, sendo que a emissividade da pele é de 0,98.

---

## 2.2 Termógrafo

A câmara termográfica é um sistema de termografia superficial. É um instrumento que captura a radiação térmica, sem necessidade de qualquer contato, convertendo-a numa imagem que representa a distribuição da temperatura superficial do objeto observado. As imagens são recolhidas a duas dimensões, numa escala de cores ou escala de cinza, representativa da temperatura a que se encontra a superfície.

O termógrafo captura a radiação infravermelha proveniente do metabolismo do corpo humano, invisível ao olho humano devido ao seu comprimento de onda. Esta radiação é transformada em sinais elétricos, que por sua vez codificarão os padrões térmicos, refletindo assim a atividade fisiológica do corpo [24].

As principais características de uma câmara de termografia infravermelha são: a sensibilidade térmica, a precisão, a resolução espacial e a frequência de imagem.

A imagem termográfica atual possui uma sensibilidade térmica inferior a  $0,06^{\circ}\text{C}$ , ou seja, é o valor do ruído da menor temperatura detetável, também possui o nome de NETD (*Noise Equivalent Temperature Difference*). Quanto mais baixo o NETD melhor é o contraste térmico observável destacado sobre o ruído do sistema.

A precisão da câmara utilizada é de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  [25], ou seja, é a medida de quão exata a temperatura medida dos objetos é em relação à sua verdadeira temperatura.

Quanto a resolução ótica, cada pixel da imagem corresponde a uma área específica da superfície, este valor varia em função a distancia entre o equipamento e o corpo. O aumento de distância faz com que *Field Of View* possuir uma área maior distribuída por cada *pixel*. A distância a realizar o estudo é um parâmetro muito importante, pois determina a resolução espacial da imagem captada.

A resolução ótica, neste caso que é de  $320 \times 240$  *pixels*, determinada por um sensor da câmara termográfica FLIR® E6, que possui um papel determinante na nitidez da imagem obtida.

Durante este trabalho a distribuição da temperatura da superfície da pele vai ser monitorizada por meio de uma câmara termográfica da produtora FLIR®, modelo E6.

---

Na tabela 2.2.1, estão representadas as principais características técnicas da câmara utilizada.

**Tabela 2.2.1** – Características da câmara FLIR® E6 [26].

Gama de temperatura	(-20 ... 650)°C
Sensibilidade Térmica (NETD)	<0,05°C a 30 °C
Resolução espacial	320 × 240 <i>pixel</i>
Faixa espectral	7,5µm - 13µm
Tipo de detetor	<i>Focal plane array</i>
Vídeo	3.1Mb
Dimensão	(246 × 97 × 184)mm
Peso (incluindo bateria)	825 g
Frequência de amostragem	60 Hz
<i>Field of view</i> /Focus	25° × 19°/ Manual (distancia focal mínima 0,4m)
Modos de medição	<i>Hotspots, coldspots</i> , isotérmica
Calibração	<i>Automatic</i>
Armazenamento de imagem	<i>JPEG</i>
Fonte de alimentação	<i>Battery</i>
Saída de vídeo	<i>USB</i>

A calibração da câmara é feita através de um corpo negro, uma vez que este é um absorvedor perfeito da radiação de todos os comprimentos de onda [26].

## 2.3 Parâmetros do protocolo de aquisição

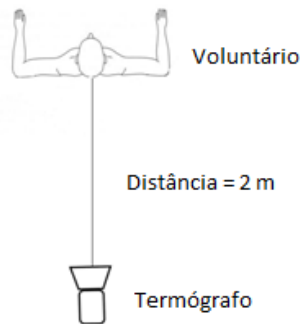
Todas as medições foram realizadas segundo as normas aceites mundialmente [25], para a aquisição e tratamento dos termogramas aplicados ao corpo humano [24], [27].

No estado primordial deste trabalho foram seleccionados 20 voluntários que constituíram o grupo controle do estudo, ou seja, pessoas saudáveis que não apresentam quaisquer doenças ao nível da coluna.

A aquisição das termografias do grupo dos voluntários foi dividida em dois grupos. Durante os exames a temperatura ambiente foi controlada e mantida nos 24°C. A sala manteve-se livre de correntes de ar e objetos fontes de calor, de modo a prevenir efeitos de contaminação.

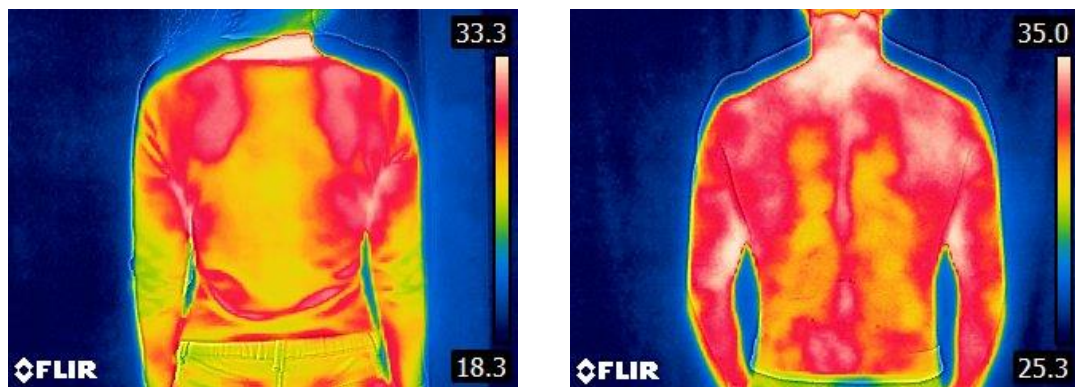
Segundo os protocolos da câmara [26], e tendo em conta a sensibilidade térmica da câmara, estabeleceu-se a distância da câmara ao objeto nos ensaios à zona dorsal de 2m. Relativamente ao ângulo de recolha das imagens, verificou-se que ao fotografar uma superfície aproximadamente plana, não houve necessidade de recolher imagem de diferentes ângulos, uma

vez que a informação adquirida não era relevante. Deste modo, a aquisição foi feita perpendicularmente à superfície em estudo, como mostra a Figura 2.3.1.

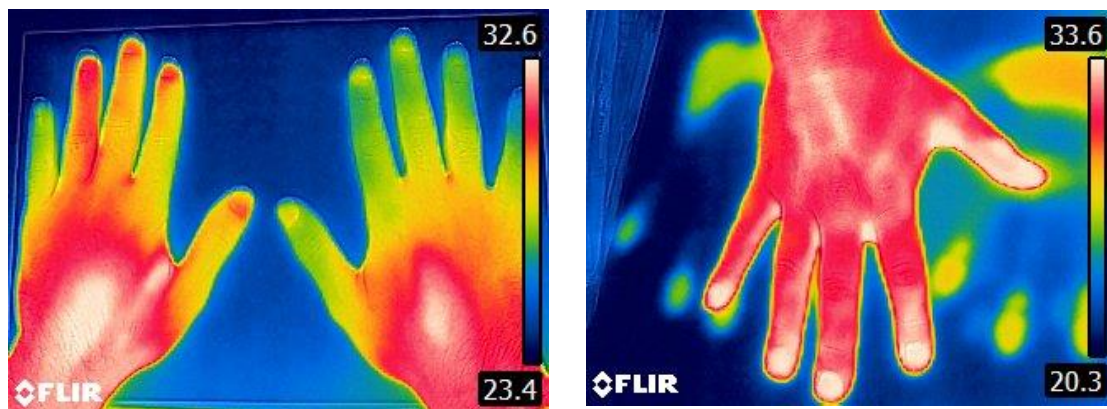


**Figura 2.3.1** – Vista de cima da realização do exame de termografia.

Foram realizados alguns testes para otimizar o protocolo, onde concluiu-se que não deve ser usado qualquer peça de vestuário na zona de estudo (Figura 2.3.2). Para atenuar contaminações de outras fontes, como por exemplo reflexão da luminosidade, foi utilizada uma cortina negra atrás do objeto fotografado. Como pode ser observado na Figura 2.3.3.



**Figura 2.3.2** – Termografias adquiridas nas instalações hospitalares. Imagem a) vista dorsal do corpo com a roupa e b) vista dorsal do corpo sem roupa.



**Figura 2.3.3** – Termografias adquiridas nas instalações hospitalares. Imagem a) vista regional do corpo (mãos) sem uma fundo negro e b) vista regional do corpo (mãos) com fundo negro.

---

Para a elaboração do protocolo de aquisição das imagens termográficas, foram considerados vários protocolos estabelecidos e validados, bem como trabalhos semelhantes realizados anteriormente [10],[24], [28], como sistemas de classificação de padrões térmicos, áreas de medição e fatores envolventes na mudança da temperatura corporal.

## 2.4 Experiência

Com a experiência realizada pretendeu-se:

- Domínio do procedimento da técnica de termografia;
- Afições do procedimento de termografia aplicado ao corpo humano;
- Verificar a assimetria da zona dorsal, mais especificamente zona lombal;
- Tratamento digital das termografias através de um algoritmo inovador.

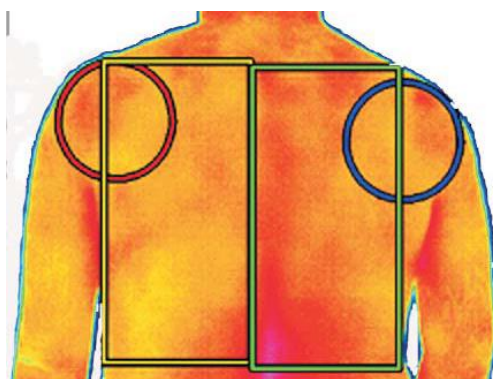
Os ensaios consistiam em exposição da área a ser estudada para a aclimatização da temperatura corporal. De seguida, o indivíduo era posicionado de forma vertical sempre com um fundo preto, virado de cara para a parede.

As imagens térmicas foram recolhidas na região dorsal do corpo. Termogramas foram obtidos pela FLIR® E6 câmara infravermelha com uma resolução ótica de 320x240 *pixels*, sensibilidade térmica <0,06 ° C e uma precisão de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  ligado a um PC.

Com a ajuda do Doutor Fernando M. Pimentel dos Santos do hospital Egas Moniz, conseguiu-se ter acesso aos casos clínicos, pacientes com patologias previamente diagnosticados no serviço de reumatologia.

Paralelamente foram recolhidos dados com o grupo de controlo com a ajuda e colaboração do Sandro Freitas e Centro de Estágios Sport Lisboa e Benfica.

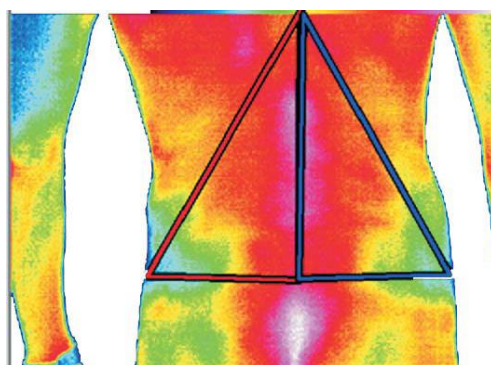
Com o tratamento dos dados recolhidos pretende-se estabelecer um paralelismo entre os casos patológicos e o grupo de controlo, com o auxílio de software *FLIR Tools* e algoritmo desenvolvido no âmbito deste trabalho. As imagens térmicas serão analisadas através da definição de áreas de interesse, que se pode observar na Figura 2.4.1 (definidos pela *International Thermology*, 2008), onde a temperatura da pele e dados clínicos podem refletir a presença de inflamação ou contração muscular.



### Seção superior das costas

<b>Número de ROI: 4</b>
<b>ROI 1:</b> articulação posterior esquerda (vermelho)
<b>Forma:</b> círculo
O contorno do círculo é adjacente ao plano axilar acromático e também à dobra axilar posterior
<b>ROI 2:</b> articulação do ombro anterior direita (azul)
<b>Forma:</b> círculo
O contorno do círculo é adjacente ao plano axilar acromático e também à dobra axilar posterior
<b>ROI 3:</b> Metade da parte superior das costas (amarelo)
<b>Forma:</b> retângulo
<b>Limite inferior:</b> alinhado com o cotovelo esquerdo
<b>Ângulo superior direito:</b> adjacente ao acrómio
<b>Ângulo superior esquerdo:</b> adjacente à linha mediana do tórax
<b>ROI 4:</b> Metade da parte superior das costas (verde)
<b>Forma:</b> retângulo
<b>Limite inferior:</b> alinhado com o cotovelo direito
<b>Ângulo superior direito:</b> adjacente à linha mediana do tórax
<b>Ângulo superior esquerdo:</b> adjacente ao acrómio

**Figura 2.4.1** – Definição das quatro regiões de interesse, ROI. adaptado pelo *International Thermology* em 2008, vista cervical e dorsal.



### Seção inferior das costas

<b>Número de ROI: 2</b>
<b>ROI 1:</b> Metade da parte inferior das costas (vermelho)
<b>Forma:</b> triângulo
<b>Ângulo superior:</b> ao meio do corpo
<b>Ângulo esquerdo:</b> adjacente à fenda interglútea
<b>Ângulo direito:</b> adjacente à fenda interglútea do lado esquerdo do corpo
<b>ROI 2:</b> Metade da parte inferior das costas (azul)
<b>Forma:</b> triângulo
<b>Ângulo superior:</b> ao meio do corpo
<b>Ângulo esquerdo:</b> adjacente à fenda interglútea do lado esquerdo do corpo
<b>Ângulo direito:</b> adjacente à fenda interglútea

**Figura 2.4.2** – Definição das duas regiões de interesse, ROI, adaptado pelo *International Thermology* em 2008, vista lombar do corpo humano.

## 2.5 Protocolo Experimental de Termografia

- Não se deve aplicar loções e cremes sob a área a ser fotografada no dia do exame;
- Não deve haver prolongada exposição ao sol (especialmente queimaduras solares) nas áreas a ser fotografadas 5 dias antes do exame;
- Não se deve realizar depilação ou outra forma de eliminação de pêlo nas áreas que vão ser fotografadas 24 horas antes do exame;
- Não se deve fazer tratamentos (quirotterapia, acupuntura, terapia física, estimulação muscular elétrica, ultra-sons) nas zonas de interesse ao exame 24 horas antes deste;
- Não se deve realizar exercício pelo menos 4 horas antes do exame;
- Banhos devem ser tomados pelo menos mais de uma hora antes do exame;
- A toma de analgésicos deve ser evitada nas 4 horas que antecedem o exame.

---

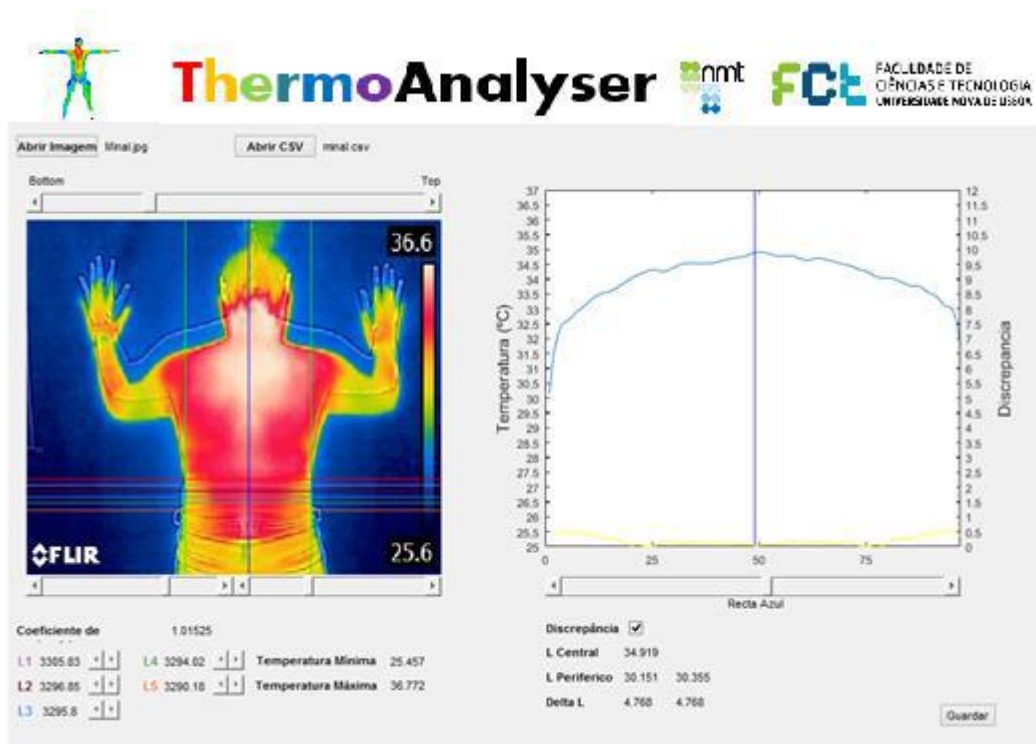
## **Procedimentos**

1. Ligar a câmara e deixa-lá calibrar durante 3-5 minutos (de acordo com o manual de instruções da câmara);
2. O paciente deve remover as peças de roupa das áreas envolventes no exame (costas – zona lombar);
3. Os cabelos devem ser presos;
4. O processo de climatização do corpo do paciente deve ser de pelo menos 10 minutos em repouso, realizado na sala do exame;
5. Colocar o pano preto como fundo;
6. Manter a câmara a 2m da área de estudo;
7. Marcar com um marcador a vértebra L1, definindo a zona lombar;
8. Recolher três imagens, uma de controlo e duas para o posterior estudo da zona lombar.

## **2. 6 Algoritmo**

No decorrer do trabalho, consultando a bibliografia existente apercebeu-se que não existia nenhum algoritmo que conseguisse discriminar casos de potenciais patologias e efetuar comparação bilateral das imagens termográficas.

Com o objetivo de solucionar o problema existente foi desenvolvido um algoritmo (Figura 2.6.1), que de uma forma mais concreta pode fornecer dados relevantes para o diagnóstico e realizar a comparação bilateral, neste caso, das espondiloartrite.



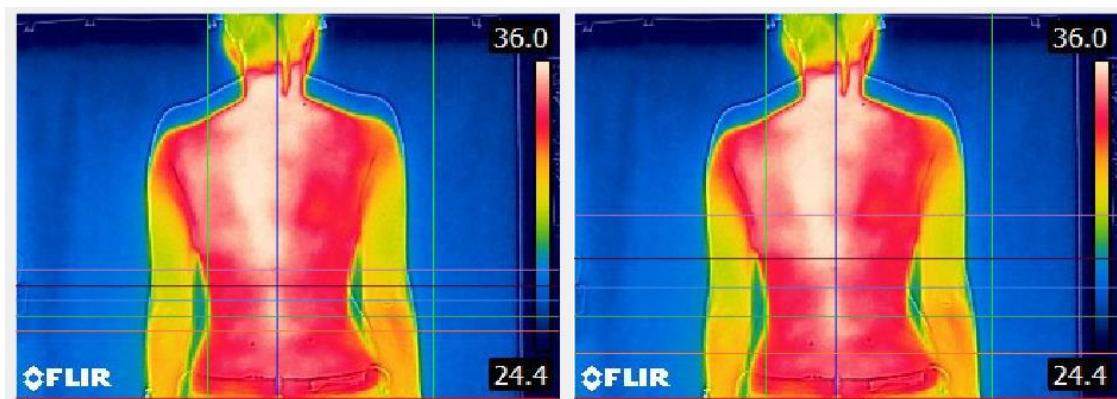
**Figura 2.6.1** – Algoritmo desenvolvido com o auxílio da ferramenta MatLab, para o tratamento digital das termografias adquiridas durante o presente estudo.



**Figura 2.6.2** – Janela do ambiente de trabalho do programa desenvolvido, demonstração dos limites verticais.

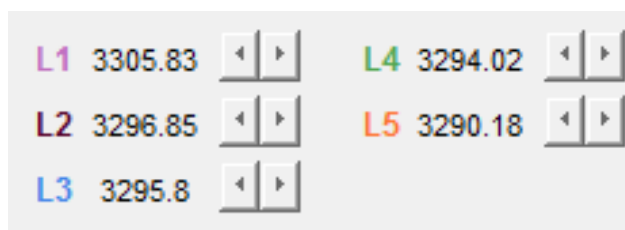
De acordo com o protocolo de Glamorgan <sup>3</sup> é necessário definir ROI, para isso foram criadas limites verticais e horizontais ajustáveis a diferentes imagens termográficas, tal como mostra a Figura 2.6.2.

A posição da coluna vertebral é definida na imagem pela linha vertical azul ajustável a diferentes imagens.



**Figura 2.6.3** – Janela do ambiente de trabalho do programa desenvolvido, modo de definição das vértebras com o auxílio de barras horizontais.

Na imagem 2.6.3 é possível observar um conjunto de 5 barras horizontais de diferentes cores. A função destas barras consiste em definir as vértebras da coluna lombar. Ao definir esta função o programa devolve os cinco valores correspondentes ao somatório das temperaturas ao longo do plano axial definido pelas vértebras lombares L1, L2, L3, L4, L5, Figura 2.6.4. Deste modo será possível comparar a diferença das temperaturas nas diferentes zonas da coluna lombar.



**Figura 2.6.4** – Somatório das temperaturas ao longo do plano axial definido pelas vértebras lombares L1, L2, L3, L4, L5

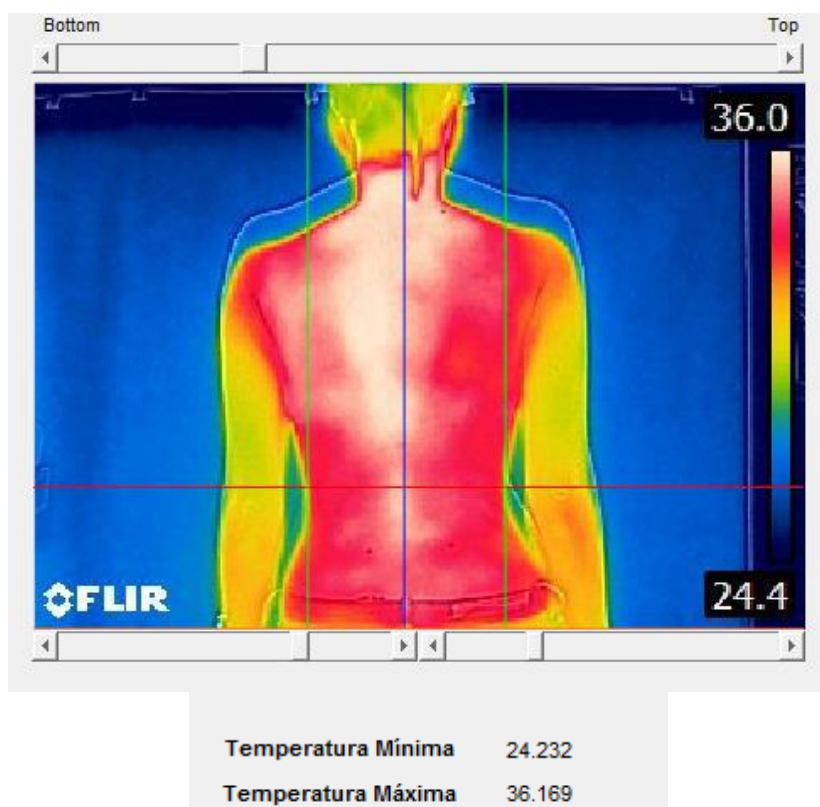
L Central	34.919	
L Periferico	30.151	30.355
Delta L	4.768	4.768

**Figura 2.6.5** – Um conjunto de dados fornecidos pelo programa, as temperaturas central e periféricas e diferença entre elas.

Podemos verificar na figura 2.6.5 que o programa fornece um conjunto de valores tais como:

- A temperatura do ponto central;
- A temperatura dos pontos laterais esquerdo e direito;

A temperatura do ponto central é definida pela interseção da barra azul – coluna vertebral e a barra vermelha horizontal. Quanto às temperaturas periféricas, estas são definidas pelas barras verticais verdes, ou seja extremos da ROI e a barra vermelha. Também é calculada a diferença de temperaturas laterais em relação ao central ( $\Delta L$ ).



**Figura 2.6.6** – Um conjunto de dados fornecidos pelo programa, as temperaturas mínima e máxima da coluna vertebral.

O algoritmo ao processar a imagem e devolve as temperaturas mínima e máxima encontrados na ROI definida, da coluna vertebral, tal como podemos observar na imagem 2.6.6.

Um dos dados mais importantes é o coeficiente de assimetria do plano axial definido, figura 2.6.7.



**Figura 2.6.7**– Janela do ambiente de trabalho do programa desenvolvido, obtenção do coeficiente de assimetria.

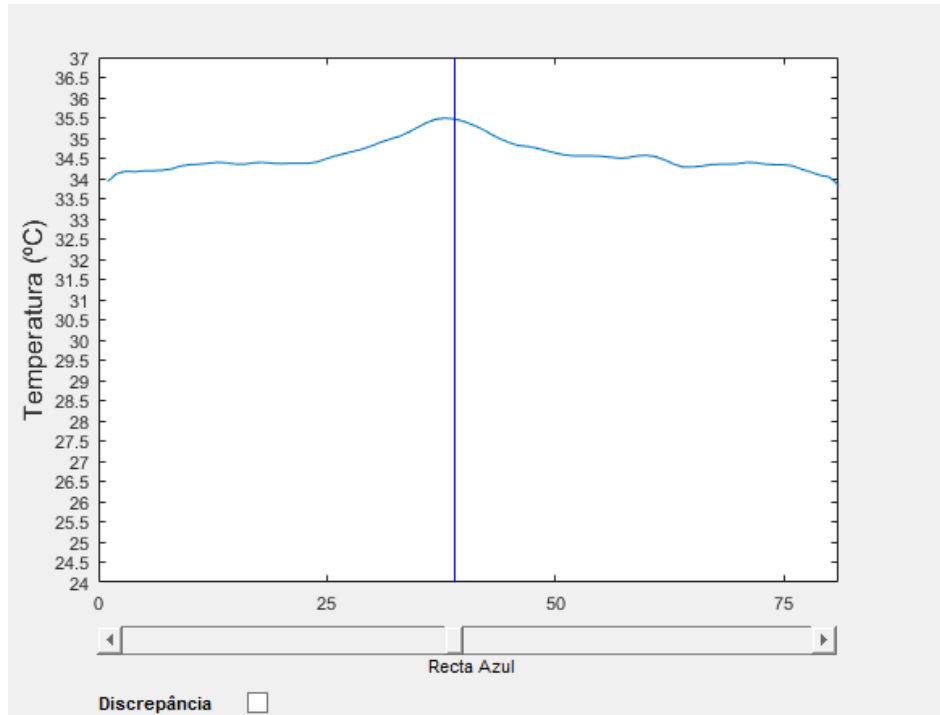
O coeficiente de assimetria é calculado do seguinte modo:

1. Posiciona-se a barra vermelha na zona onde se pretende obter o coeficiente.
2. São somadas todas as temperaturas segundo a linha de pixéis da barra vermelha desde o extremo esquerdo até a coluna vertebral (A).
3. Igualmente são somadas as temperaturas segundo a mesma linha depois da coluna vertebral até ao extremo direito (B).
4. Por fim ocorre a divisão do valor A pelo valor B.

$$\text{Coeficiente de assimetria} = \frac{A}{B}$$

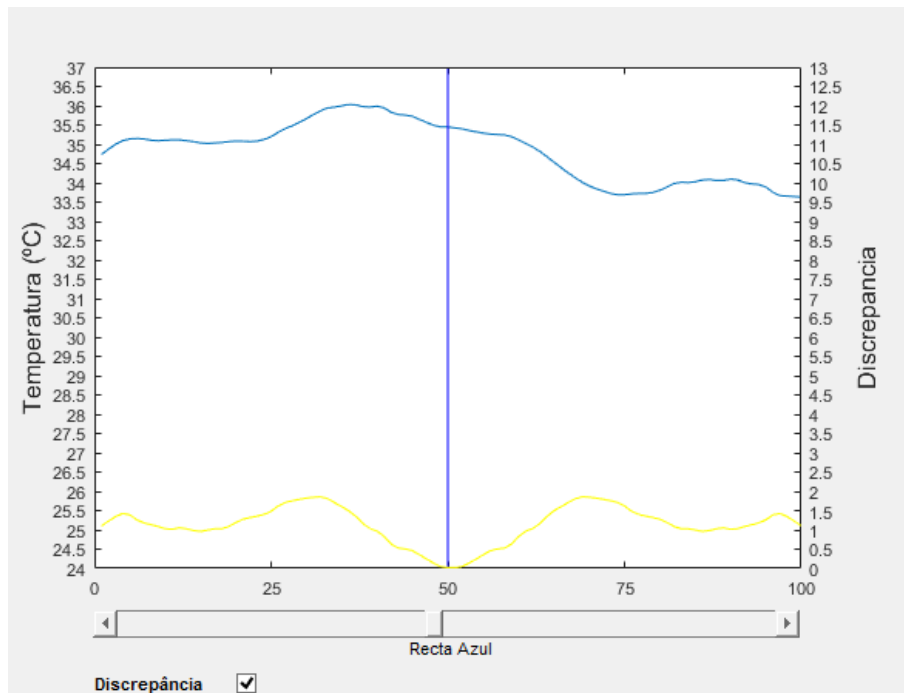
O valor do coeficiente de assimetria quanto for mais perto da unidade, significa que existe maior simetria da coluna na zona em estudo.

O programa apresenta ainda um gráfico, imagem 2.6.8 com a variação da temperatura do plano axial segundo a definição da posição da barra vermelha com os extremos laterais delimitados manualmente pelas barras verdes.



**Figura 2.6.8** – Gráfico fornecido pelo programa com a variação das temperaturas ao longo do plano axial definido pela barra horizontal vermelha.

A *checkbox* Diferença fornece a diferença de temperaturas em relação ao plano simétrico, (Figura 2.6.9) apresentando os dados segundo o mesmo gráfico.



**Figura 2.6.9** – Gráfico fornecido pelo programa com o cálculo da diferença das temperaturas de ambos os lados da coluna vertebral.

---

Por fim existe a possibilidade de guardar todos os dados como o gráfico e as imagens.

Como o programa é ajustável a cada imagem específica, existe a possibilidade de redefinir o algoritmo para possíveis estudos futuros para outras zonas da coluna vertebral, como por exemplo para a zona cervical.

---

## Capítulo 3

### Discussão e Resultados

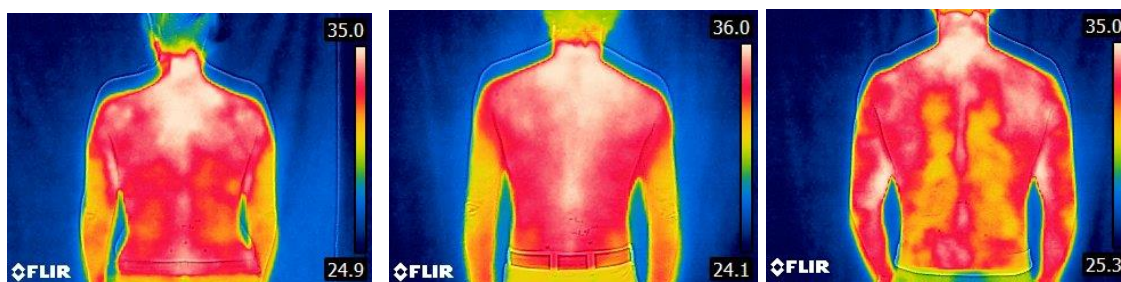
Os exames termográficos foram realizados num grupo de 20 pessoas (Tabela 3.1), representativos dos dois sexos na faixa etária dos 15-45 anos, servindo de referência para a situação basal, ou seja ausência de patologia.

**Tabela 3.1** - Dados antropométricos dos voluntários.

ID voluntários	Sexo	Idade	Altura (m)	Peso (Kg)
1	F	23	1.67	51,5
2	M	24	1.70	73.1
3	F	26	1.61	60.8
4	F	17	1.60	48
5	F	18	1.69	54
6	F	16	1.62	64
7	M	17	1.63	64
8	F	18	1.61	49
9	F	16	1.60	48
10	F	45	1.60	49.2
11	F	26	1.63	68.8
12	F	26	1.51	48.5
13	M	33	1.70	69.1
14	M	27	1.72	70.7
15	F	39	1.66	59.9
16	F	27	1.61	62.9
17	M	28	1.74	94.3
18	M	23	1.74	68.1
19	M	29	1.76	75.1
20	M	48	1.74	60.9

Verificou-se que com os resultados obtidos, apenas seria viável dedicar o estudo à zona lombar, uma vez que é a zona mais afetada. Concluiu-se destes testes que os dados exaustivos obtidos neste estudo seriam úteis nos estudos futuros.

Na Figura 3.1, podemos observar algumas das termografias obtidas com o grupo de controlo.



**Figura 3.1** – Algumas das termografias adquiridas do grupo de controlo (saúdáveis).

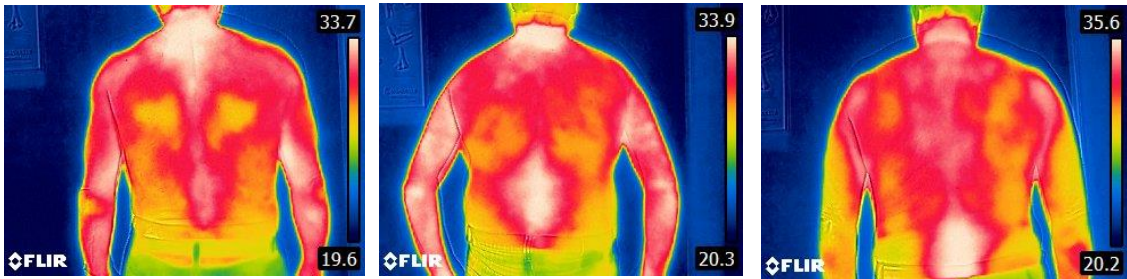
Conclui-se que nenhuma destas pessoas possui doenças da coluna diagnosticada. Contudo verifica-se um ligeiro aumento da temperatura na zona cervical. Este efeito pode ser observado devido ao estilo de vida que se leva, como por exemplo, a posição incorreta durante o trabalho junto ao computador. Estes pequenos distúrbios não afetaram os resultados de estudo, uma vez que aplica-se apenas a zona lombar. Verifica-se uma simetria na distribuição das temperaturas dorsais em relação a coluna vertebral. A maioria dos voluntários são praticantes de exercício físico, concluiu-se então que existe uma melhor definição das estruturas subjacentes (músculos e osso), como é demonstrado na Figura 3.1c), onde pelo mapeamento podemos deduzir as estruturas observadas.

Na tabela 3.2 são representados os dados dos cinco voluntários do hospital Egas Moniz, do serviço de reumatologia, que possuem SpA diagnosticado.

**Tabela 3.2** – Dados antropométricos dos pacientes com SpA.

	Sexo	Idade	Diagnóstico	Terapia	VS	PCR (mg/dL)	BASDA I	ASDA S
1	M	60	EA	metotrexato	16	0,2	0	0
2	M	40	EA	golimumab, naproxeno	12	1,3	2,2	2,2
3	M	70	EA	-	125	3,6		
4	M	27	EA não radiografica	celecoxibe	4	0,6	1,2	1,6
5	M	40	EA	-	-	-	-	-

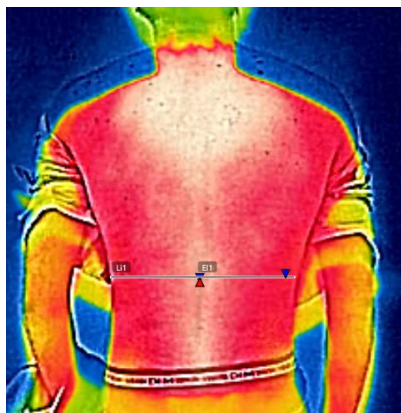
Estabelecendo um paralelismo entre os casos saudáveis e os patológicos (Figura 3.2), conclui-se que as diferenças na distribuição das temperaturas é notória e desigual, não obedecendo a regra de simetria. Nas termografias podemos observar focos de grande aumento de temperatura na zona lombar e cervical, denominados *Hotpoints*, estas regiões dizem respeito a uma provável inflamação.



**Figura 3.2** – Algumas das termografias adquiridas do grupo de pacientes com a patologia.

Recorrendo ao algoritmo desenvolvido, obteve-se o coeficiente de assimetria. Este é calculado pela soma de todas as temperaturas segundo a linha de pixéis, como é mostrado na figura 3.3, até a coluna vertebral, a dividir pelo somatório de todas as temperaturas segundo a mesma linha depois da coluna vertebral. Deste modo obtiveram-se os dados nas Tabelas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6.

O caso de perfeita simetria é representado pela unidade, isto significa que ambos os flancos da coluna vertebral encontram-se simétricos, não havendo diferenças de temperaturas que indicam algum tipo de distúrbio, incluindo a inflamação.



**Figura 3.3** – Demonstração do cálculo do coeficiente de assimetria, segundo o plano horizontal definido.

Tabela 3.3- Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L1.

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	1,01	0,99	1,00
Extremos [mínimo; máximo]	[0,91 ; 1,15]	[0,91 ; 1,08]	[0,91 ; 1,15]
Amostragem	n=12	n=8	n=20
Desvio padrão	0,07		

Tabela 3.4- Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L2.

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	1,01	0,98	1,00
Extremos [mínimo; máximo]	[0,93; 1,13]	[0,91 ; 1,08]	[0,95; 1,01]
Amostragem	n=12	n=8	n=20
Desvio padrão	0,06		

Tabela 3.5 - Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L3.

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	1,00	0,978	0,99
Extremos [mínimo; máximo]	[0,91; 1,17]	[0,94; 1,01]	[0,91; 1,17]
Amostragem	n=12	n=8	n=20
Desvio padrão	0,06		

**Tabela 3.6-** Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L4.

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coefficiente de assimetria	0,99	0,98	0,99
Extremos [mínimo; máximo]	[0,91; 1,1]	[0,95; 1,03]	[0,91; 1,1]
Amostragem	n=12	n=8	n=20
Desvio padrão	0,05		

**Tabela 3.7-** Variação do coeficiente de assimetria da amostra saudável ao nível de L5.

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coefficiente de assimetria	0,99	0,99	0,99
Extremos [mínimo; máximo]	[0,91; 1,09]	[0,95; 1,04]	[0,91; 1,09]
Amostragem	n=12	n=8	n=20
Desvio padrão	0,04		

Tal como verificamos nas Tabelas 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, referentes à vertebra L1, L2, L3, L4 e L5 respetivamente. Conclui-se que segundo estes dados, alcançou-se resultados satisfatórios.

**Tabela 3.8 - Média da variação dos coeficientes de assimetria em toda a zona lombar da amostra de controlo.**

Vertebras	Coefficiente de assimetria
L1	1,00
L2	0,99
L3	0,99
L4	0,99
L5	0,99
Média	0,99
Desvio Padrão	0,006

Segundo a Tabela 3.8 como era de esperar, verificou-se uma simetria nos casos de controlo. Sabendo que a unidade representa a perfeita simetria da coluna lombar, o coeficiente de assimetria da nossa amostra saudável, que é de 0,99, encontra-se muito próximo dos valores esperados.

Na vertente da prova de conceito foi realizado o mesmo estudo com os casos patológicos. De seguida apresentam-se os resultados do mesmo processo de estudo com os casos patológicos, nas tabelas 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, referentes ao coeficiente de assimetria ao nível das vertebrae L1, L2, L3, L4 e L5, respetivamente.

**Tabela 3.9 - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L1, da amostra que apresenta patologia.**

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	-	0,93	0,93
Extremos [mínimo; máximo]	-	[0,83; 1,00]	[0,83; 1,00]
Amostragem	-	n=5	n=5
Desvio Padrão	-	0,08	

**Tabela 3.10 - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L2, da amostra que apresenta patologia.**

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	-	0,95	0,95
Extremos [mínimo; máximo]	-	[0,87; 1,04]	[0,87; 1,04]
Amostragem	-	n=5	n=5
Desvio Padrão	-	0,06	

**Tabela 3.11 - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L3, da amostra que apresenta patologia.**

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	-	0,94	0,94
Extremos [mínimo; máximo]	-	[0,87; 1,01]	[0,87; 1,01]
Amostragem	-	n=5	n=5
Desvio Padrão	-	0,06	

**Tabela 3.12 - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L4, da amostra que apresenta patologia.**

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	-	0,93	0,93
Extremos [mínimo; máximo]	-	[0,85; 1,01]	[0,85; 1,01]
Amostragem	-	n=5	n=5
Desvio Padrão	-	0,07	

**Tabela 3.13 - Variação do coeficiente de assimetria ao nível de L5, da amostra que apresenta patologia.**

	Sexo Feminino Média	Sexo Masculino Média	Média
Coeficiente de assimetria	-	0,93	0,93
Extremos [mínimo; máximo]	-	[0,84; 1,03]	[0,84; 1,03]
Amostragem	-	n=5	n=5
Desvio Padrão	-	0,08	

**Tabela 3.14 - Média da variação dos coeficientes de assimetria em toda a zona lombar da amostra com SpA.**

Vertebras	Coeficiente de assimetria
L1	0,93
L2	0,95
L3	0,94
L4	0,93
L5	0,93
Média	0,94
Desvio Padrão	0,01

Conclui-se que segundo os resultados da Tabela 3.14, apesar de uma amostra muito reduzida, conseguiu-se verificar a expectativa. Verificou-se uma diminuição da simetria ao nível do plano definido pela vértebra L1, L2, L3, L4 e L5 em comparação com grupo de controlo da mesma zona em estudo.

Verificou-se também que os extremos, ou seja medidas máxima e mínimas obtidas, sofreram um decréscimo significativo.

Para um estudo mais pormenorizado e demonstrando as possibilidades do programa desenvolvido, foram analisados a temperatura central e periférica e ainda a diferença entre estas, aplicada em L1, L2, L3, L4, L5.

Os dados encontram-se descritos na Tabela 3.15 e 3.16. para casos saudáveis e patológicos respetivamente.

**Tabela 3.15 - Variação das temperaturas na amostra saudável, ao nível de toda a zona lombar.**

Vertebras	L Central (°C)	L Periférico Esq (°C)	L Periférico Drt (°C)	$\Delta L$ Esq (°C)	$\Delta L$ Drt (°C)
L1	35,1	33,6	33,8	1,63	1,61
L2	34,5	32,3	32,9	2,18	2,19
L3	34,9	32,9	33,2	1,99	1,76
L4	34,8	33,2	33,4	1,75	1,57
L5	34,7	32,8	33,1	2,06	1,8
Média	34,8	32,9	33,3	1,92	1,73
Desvio padrão (°C)	0,22	0,43	0,3	0,2	0,22

**Tabela 3.16 - - Variação das temperaturas na amostra que apresenta patologia, ao nível de toda a zona lombar.**

Vertebras	L Central (°C)	L Periférico Esq (°C)	L Periférico Drt (°C)	$\Delta L$ Esq (°C)	$\Delta L$ Drt (°C)
L1	34,8	31,9	31,6	1,54	1,73
L2	33,6	29,2	30,2	4,44	3,42
L3	33,8	29,8	30,0	3,96	3,69
L4	33,8	30,2	29,3	3,57	4,44
L5	33,8	30,5	30,1	3,29	3,29
Média	33,9	30,3	30,3	3,36	3,32
Desvio padrão (°C)	0,45	0,93	0,72	0,99	0,89

---

Pela comparação dos dados das duas tabelas 3.15 e 3.16. conclui-se que a temperatura central nos indivíduos que apresentam SpA é ligeiramente inferior do que medida nos saudáveis.

Quanto a temperatura periférica, é verificada situação oposta, uma vez que os indivíduos saudáveis possuem temperatura periférica superior do que nos pacientes com o diagnóstico de SpA. Deste modo existe uma diferença significativa na distribuição das temperaturas na zona lombar.

Tendo em conta os desvios padrão, os resultados da amostra com patologia não foram expressivos, possivelmente pelo facto de a amostra ser muito reduzida para o caso em estudo. O estudo da amostra com patologia realizou-se na vertente como prova de conceito no âmbito do trabalho piloto na deteção e caracterização das espondiloartrites, de modo a comprovar a funcionalidade da ferramenta desenvolvida.



---

# Capítulo 4

## 4.1 Conclusão

Neste trabalho foi proposta a realização de ensaios exploratórios usando a técnica de Termografia. Este trabalho insere-se no âmbito do projeto em curso Myo SpA da Universidade Nova de Lisboa. Durante este trabalho dominou-se a técnica, o manuseamento da câmara, desenhou-se um ambiente de tratamento dos resultados e a subsequente interpretação dos resultados. Foi analisada a patologia da coluna, nomeadamente as espondiloartrites.

Inicialmente foi selecionado o grupo de controlo representativo da população alvo que afeta a patologia. De seguida foi feita a aquisição das termografias no Centro de Estágios Sport Lisboa e Benfica, numa sala climatizada seguindo todos os pontos do protocolo experimental descrito no capítulo 2 do presente trabalho. Os fatores como a distância da câmara ao objeto e o modo de fotografar bem como o ângulo foram definidos. Recorreu-se a uma superfície negra para evitar contaminações de outras fontes.

Seguidamente foi selecionado um grupo de indivíduos que possuem diagnosticado a espondiloartrite, mais concretamente espondilite anquilosante, uma vez que é a que possui maior incidência na população. A amostra é composta apenas por indivíduos do sexo masculino, pois é mais afetado. A aquisição das termografias foi realizada no Hospital Egas Moniz, no serviço de Reumatologia, seguindo o protocolo experimental previamente estabelecido.

Paralelamente com as medições foi desenvolvido e desenhado o ambiente digital de tratamento das termografias no diagnóstico e monitorização da evolução das espondiloartrites. Este programa consegue fornecer dados para que a equipa médica consiga ter um auxílio mais fidedigno de diagnóstico dos mesmos. Sabendo que até ao momento o diagnóstico é feito através de imagens radiológicas, exames laboratoriais e sobretudo na anamnese e no exame físico, que não fornecem a informação do foco da infeção. A atividade da doença é avaliada pela BASDAI e ASDAS.

---

De seguida foi realizado o tratamento das termografias obtidas. Obteve-se o grau de assimetria no grupo saudável e no grupo que apresenta patologia. Numa amostra saudável de 20 indivíduos, conseguiu-se obter uma boa aproximação do valor esperado, ou seja, o grau de assimetria é de 0,99. Isto significa, que os indivíduos que não possuem quaisquer distúrbios da coluna (zona lombar), exibem perfeita simetria na zona lombar.

Comparando os resultados do grupo de controlo com os do grupo com patologia, obteve-se uma diferença de 7%. Tendo em conta que apenas possuímos uma amostra composta por 5 indivíduos, conclui-se que a aproximação é demonstrativa. Esta comparação foi feita com o motivo de prova de conceito deste estudo piloto.

Em geral, pode-se estimar que o resultado deste trabalho foi positivo, uma vez que foram obtidos dados que inferem o resultado esperado relativamente ao grau de assimetria nos doentes que sofrem de espondiloartrite.

A criação do protocolo de termografia mostrou-se eficaz na recolha de dados, e o resultado da captação de imagem e diagnóstico através desta técnica satisfatória. A técnica mostrou-se fiável no diagnóstico da patologia. Através desta técnica também foi possível detetar a patologia num período de tempo mais curto comparativamente com outras técnicas como RMN ou Raio X. Através desta também foi possível identificar *Hotpoints*, ou seja regiões com inflamação e ainda *Coldpoints*, regiões com menor irrigação arterial, que não são possíveis de identificar com outras técnicas disponíveis.

Foram cumpridos os objetivos delineados para este trabalho, conseguindo obter repetibilidade e reprodutividade. No entanto, seria de maior interesse aplicar o mesmo estudo com uma amostra maior no caso da amostra com patologia, podendo-se obter resultados mais ajustados.

---

## 4.2 Perspetivas futuras

Para trabalhos futuros sugere-se a inclusão da termografia em consultas regulares de reumatologia, como apoio no diagnóstico das espondiloartrites, uma vez que é uma técnica muito rápida e indolor.

Futuramente deverá ser realizado este estudo com maior população, permitindo a realização de análise estatística mais ajustadas. Sugere-se prolongar o estudo para outras doenças reumáticas com o fundo inflamatório.

Os exames termográficos não vêm simplesmente substituir os exames de Raio X ou RMN mas sim preencher a lacuna com informação adicional que estes não podem fornecer, como nomeadamente, a distribuição espacial da inflamação e/ou falta de irrigação.

---

## Bibliografia

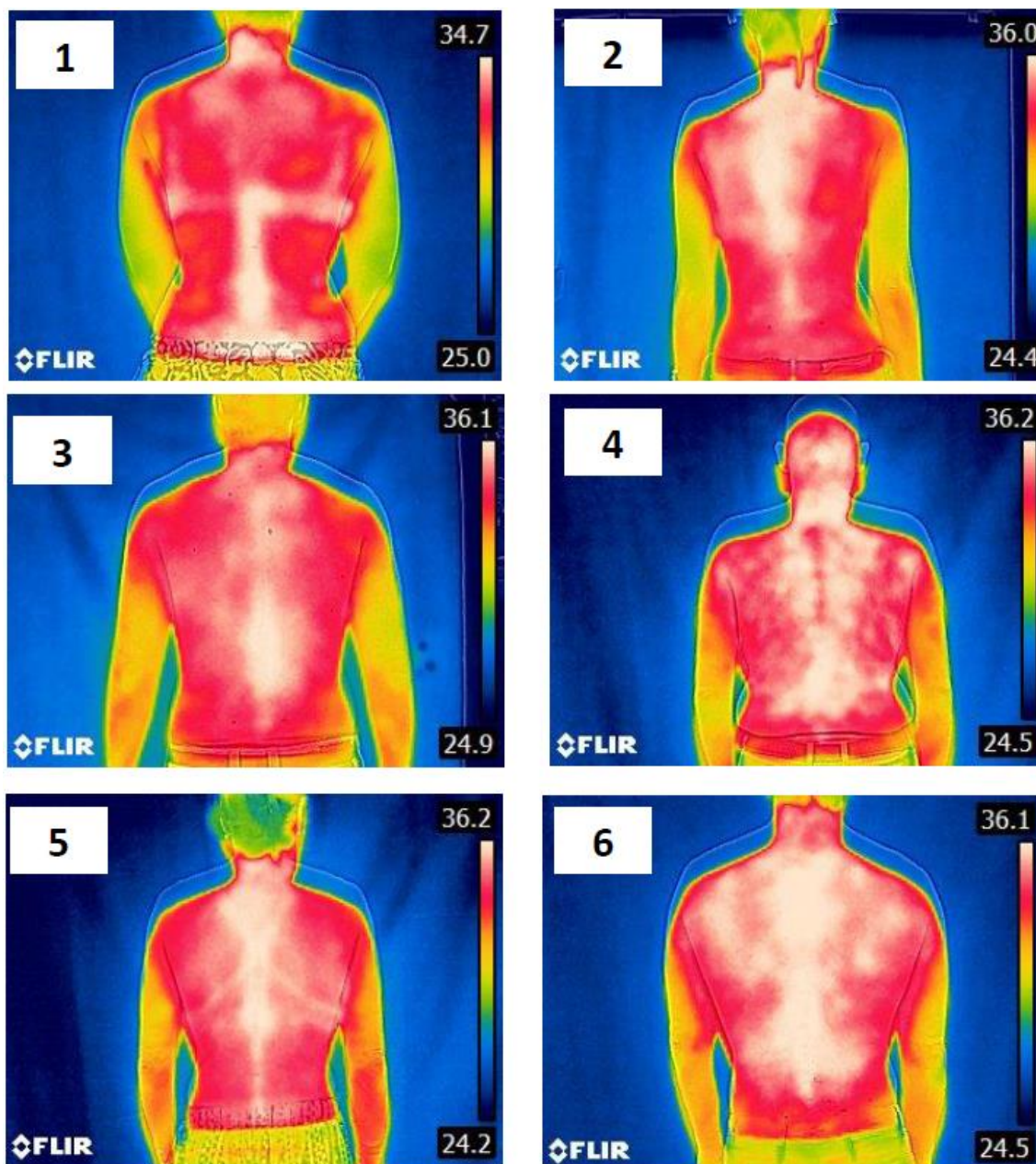
1. Andrade C, Campos R, Dias P, Fassbender C, Kautscher C, Linhares L, Pacheco T, Peixoto A, Pontes C, Siqueira S, Silva L, Silva R, Vianas S. Evolução dos critérios de diagnóstico das espondiloartrites, 2009.
2. Ring E. F. J. The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Physics & Technology*, 49(3):297-301, 2007.
3. Sanches I. J. Sobreposição de imagens de termografia e ressonância magnética: uma nova modalidade de imagem tridimensional. Available at: [www.dainf.ct.utfpr.edu.br/ionildo/termografia/CPGEI\\_Tese\\_048\\_2009.pdf](http://www.dainf.ct.utfpr.edu.br/ionildo/termografia/CPGEI_Tese_048_2009.pdf)
4. Berz R, Sauer H. The Medical use of infrared-thermography history and recent application. 2007. Available at: <http://www.ndt.net/article/dgzfp-irt-2007/Inhalt/v04.pdf>  
Imagem a). Available at: <http://www.thermalimageuk.com> 27/08/2016.
5. Imagem b). Available at: <http://www.mra.pt/industria/formacao/formacao-em-termografia/curso-certificado-de-termografia-itc-nivel-i/> 27/08/2016.
6. Imagem c). Available at <http://www.inspeccionestermograficas.es/aplicaciones/veterinaria> 27/08/2016.
7. Imagem f). Available at: <http://arvilamagna.com/medicina-general> 27/08/2016.
8. Jones, H. R. N. Radiation Heat Transfer. Oxford University Press, 1<sup>st</sup> edition, 2000.
9. Cholewka A, Drzazga Z, Sieron A, Stanek A. Thermovision diagnostics in chosen spine diseases treated by whole body cryotherapy. *Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary*, May 2010.
10. Ammer K, Ring E. F. J, Infrared Thermal Imaging in medicine. Ludwig Boltzmann Institute for Physical Diagnostics, Vienna Austria, 2000.
11. Fernando Manuel Pimentel dos Santos. Ankylosing Spondylitis: genomic and functional characterization of candidate genes and their repercussion in clinical practice. PhD thesis, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
12. Ascolani M, Biancone L, Calabrese E, Conigliaro P, Chimenti M. S, Lolli E, Novelli L, Onali S, Pallone F, Perricone R, Petruzzello C, Triggianese P. Impact of a multidisciplinary approach in enteropathic spondyloarthritis patients. *Elsevier Journal* 2016.
13. ASAS Assessment of SpondyloArthritis International Society, Available at: <http://slides.asas-group.org/app/slides/searchm> 7/01/2016.

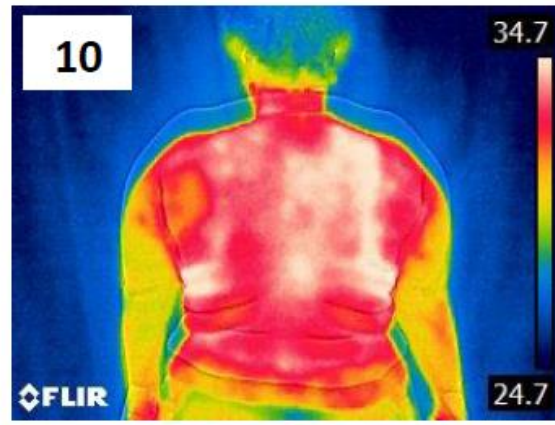
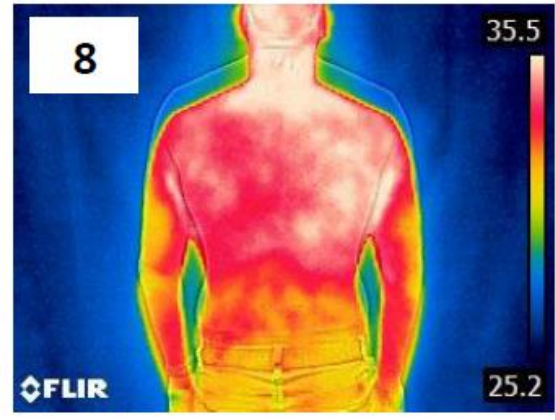
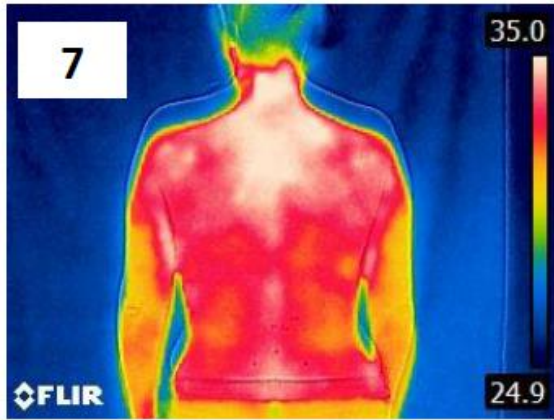
- 
14. Balaj R, Felea I, Filipescu I, Ghib L, Lungu A, Muntean L, Rednic S, Siao-Pin S, Tamas M, Valeanu M. The value of the Ankylosing Spondylitis disease activity score (ASDAS) in evaluating disease activity patients with spondyloarthritis. *Romanian Journal of Rheumatology*, Volume XXIV, N° 3, 2015.
  15. Gershwin M. E, Selmi C. *Diagnosis and classification of reactive arthritis*. Elsevier Journal. 2014.
  16. Akbal A, Capkin A, Capkin E, Gokmen F, Karaka A, Karkucak M, Turkyilmaz A. K. Quality of life in psoriatic arthritis patients – association with disease activity and diagnostic delay time. *Nobel Medicus Journal*, Vol.10 Issue 3, p52-57. 6p, Sep-Dec2014.
  17. Furfaro N. Diagnostic Signs and Symptoms Of Psoriatic Arthritis. *DERMATOLOGY NURSING/October 2006*
  18. Arvikar, S.L, Fisher, M.C. *Inflammatoryboweldiseaseassociated arthropathy*. September 2011.
  19. Burgos-Vargas R, Guitierrez- Suarez R. *Juvenil Ankylosing Spondylitis*. Berlin 2012.
  20. Technical report. Medical electrical equipment- deployment, implementation and operation guidelines for identifying febrile human using a screening thermograph. ISO 2009.
  21. Barcelos A, Branco J. C, Cunha I, Ferreira P. L, Santos H, Pimentel-Santos F. M, Pinto T. Portuguese version of the bath indexes for ankylosing spondylitis patients: a cross-cultural adaptation and validation. *Universidade Nova de Lisboa*, September 2011.
  22. BASDAI, Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index
  23. Kavanagh H. S, Szentuti A, Grazio S. Infrared thermography and image analysis for biomedical use. *Periodicum Biologorum*, Vol. 113, N°4, 2011.
  24. Ammer Kurt. *The glamorgan protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body*. Austria, 2008.
  25. FLIR Systems, Available at: [www.flir.com](http://www.flir.com) 7/01/2016.
  26. Ring F, Vardasca R, Plassmann P, Jones C, *Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects*. University of Glamorgan, United Kingdom, 2012.
  27. Schwartz R, *Guidelines For Neuromusculoskeletal Thermography*, The American Academy of Thermology, USA, 2006
  28. Ring E. F J. The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Physics & Technology*, 49(3):297 301,2007.
  29. Sanches I. J. Sobreposição de imagens de termografia e ressonância magnética: uma nova modalidade de imagem tridimensional. Available at: [www.dainf.ct.utfpr.edu.br/ionildo/termografia/CPGEI\\_Tese\\_048\\_2009.pdf](http://www.dainf.ct.utfpr.edu.br/ionildo/termografia/CPGEI_Tese_048_2009.pdf)



## Anexos

### Anexo 1 – Medições realizadas em amostra de controlo de 1 – 22









**Anexo 2 – Medições realizadas em amostra diagnosticada de 1 – 5.**

