



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Catarina Martins Miguens Amaro

**AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA NA PRÁTICA DO
BASQUETEBOL**

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica orientada pelo Professor Doutor Luis Manuel Ferreira Roseiro e Professora Doutora Maria António Ferreira de Castro e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologias.

Junho de 2019



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Avaliação Biomecânica na Prática do Basquetebol

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto

Biomechanical Evaluation in Basketball Practice

Autor

Ana Catarina Martins Miguens Amaro

Orientadores

Professor Doutor Luis Manuel Ferreira Roseiro

Professora Doutora Maria António Ferreira de Castro

Júri

Presidente	Professora Doutora Maria Augusta Neto Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Luis Manuel Ferreira Roseiro
Orientador	Professor Coordenador do Instituto Politécnico de Coimbra; Professor Associado Convidado da Universidade de Coimbra Professor Doutor Rui Miguel Barreiros Ruben
Vogal	Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Leiria; Professor Auxiliar Convidado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



**Instituto Superior de
Engenharia de
Coimbra**



**Secção de Basquetebol
da Associação de
Solidariedade Social
Sociedade Columbófila
Cantanhedense**



**Escola Superior
de Tecnologia da
Saúde de Coimbra**



Coimbra, Junho, 2019

It's about doing it in a way that it can't be done any better.

Geno Auriemma.

You got this.

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Aos meus orientadores, Prof. Doutor Luis Roseiro e Prof^a. Doutora M^a António Castro, pela disponibilidade e amizade, por terem exigido sempre o máximo de mim e por toda a ajuda dada, sem eles não teria sido possível chegar ao fim.

Aos meus treinadores, João André e Eduarda, bem como à Eng. Fátima Paulino e Doutora Ana Messias, pela disponibilidade, paciência, apoio e ainda por toda a ajuda, dicas e conhecimento transmitido.

Aos meus amigos, Alex, Eva, Faria, Raquel e Zé, por terem estado sempre comigo desde o início, por todos os momentos partilhados e vivenciados, e por terem tornado todos estes anos ainda mais especiais.

Às minhas colegas de equipa e amigas, Bia, Inês, Maria, Mariana, Marta, Matilde, Rita M., Rita R. e Sara, pelo tão especial contributo para que esta dissertação fosse possível e, acima de tudo, pela amizade e constante apoio que sempre demonstraram desde o primeiro dia.

Aos meus pais, por serem o meu maior apoio, exemplo, força e inspiração. Por me ensinarem todos os dias a ser melhor pessoa e por me terem sempre apoiado. Ainda, por terem sido o meu primeiro e melhor contacto com a Engenharia Mecânica, a paixão que sempre transmitiram tornou-se uma inspiração.

Ao meu irmão, pelo exemplo de ser humano, dedicação, profissionalismo, paixão e ética de trabalho que sempre demonstrou.

Aos meus avós, por me terem sempre apoiado e por me darem o prazer e a honra de partilhar e viver este momento junto de todos eles.

Aos meus colegas e amigos, Bruno, Daniel, João M., João S., Leo, Loureiro, Nolasco, Oli e Tiago, pelas partilhas de conhecimento e por todos os momentos de amizade e alegria vividos.

Resumo

A atividade desportiva assume extrema importância no contexto da saúde, havendo uma clara motivação para a sua prática. Um dos desportos que envolve mais praticantes é o basquetebol, onde o corpo humano sofre solicitações e reações rápidas, podendo-se destacar o contacto do pé com o solo e a atividade muscular.

O estudo que se apresenta teve como objetivo avaliar a distribuição da pressão plantar e o recrutamento muscular nos membros inferiores, em diferentes movimentos associados à prática do basquetebol. Tendo como suporte um grupo de nove atletas voluntárias, de uma equipa de basquetebol da zona centro, foi definido um protocolo de aquisição de dados, de modo a identificar as alterações existentes ao longo da época desportiva.

No estudo foram avaliados os valores máximos de pressão plantar em ambos os pés, assim como o tempo de ativação e a percentagem para cada repetição em comparação com o valor da máxima contração voluntária. Foram definidos e estudados cinco movimentos, nomeadamente o arranque com e sem bola, lançamento na passada lado direito e lado esquerdo, e ressalto. De modo a garantir as condições necessárias de fiabilidade e repetibilidade dos dados, foram realizadas sete repetições em cada, que ocorreram em dois momentos distintos da época desportiva: início, em novembro e pico, em março.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente com recurso ao *software* IBM SPSS *Statistics*. Numa primeira fase foi implementado um estudo para identificar o número ideal de repetições que confere uma percentagem maior de confiança nos resultados, e que conduziu a um valor ótimo de 6 repetições.

Em termos globais, os resultados obtidos não apresentam alterações estatisticamente significativas entre as duas alturas da época, tanto para a pressão plantar como para a eletromiografia. No entanto, ao nível da distribuição da pressão plantar identifica-se um ligeiro decréscimo ao longo da época desportiva, enquanto que no tempo de ativação muscular se verifica o oposto. Esta evolução verifica-se para todos os movimentos, à exceção do ressalto, em que ocorre uma evolução contrária.

Palavras-chave: Biomecânica Desportiva, Basquetebol, Época desportiva, Eletromiografia, Pressão plantar.

Abstract

Sports activity is extremely important in the health context, with a clear motivation for its practice. One of the sports that involves more athletes is basketball, where the human body undergoes rapid reactions, emphasizing the contact of the foot with the ground and the muscular activity.

The main goal of the present study was to evaluate the distribution of plantar pressure and muscle recruitment in the lower limbs, in different basketball movements. Supported by a group of 9 volunteer athletes from a basketball team, a data acquisition protocol was defined in order to identify the changes that occurred throughout the sports season.

In this study, the maximum values of plantar pressure were evaluated in both feet, as well as the activation time and the percentage for each repetition in comparison with the value of the maximum voluntary contraction. Five movements were defined and studied, namely the running with and without ball, lay-up on the right side and left side, and rebound. In order to guarantee the necessary conditions of data reliability and repeatability, 7 repetitions were performed in each one, which occurred in two different moments of the sport season: beginning, in November and season peak, in March.

The results were statistically analyzed using the IBM SPSS Statistics software. In a first phase, a study was carried out to identify the ideal number of repetitions, which gives a higher percentage of confidence in the results, and that leads to an optimum value of 6 repetitions.

Overall, the results obtained did not present statistically significant changes between the two seasons presents in this study, for both plantar pressure and electromyography. However, at the distribution of plantar pressure, a slight decrease is observed throughout the sporting season, while in the muscle activation time the opposite occurs. This evolution occurs for all movements, except for the rebound, where there is a contrary evolution.

Keywords Sports Biomechanics, Basketball, Sports season, Electromyography, Plantar pressure.

Índice

Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Simbologia e Siglas.....	xiii
Simbologia.....	xiii
Siglas	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contributo da autora	2
1.2. Estrutura da dissertação	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Anatomia Humana	5
2.1.1. Músculos	6
2.1.2. O pé.....	7
2.2. Basquetebol	9
2.2.1. Arranques	11
2.2.2. Lançamento na passada.....	12
2.2.3. Ressalto	12
2.3. Noções teóricas.....	13
2.3.1. Pressão plantar.....	14
2.3.2. Eletromiografia.....	16
2.3.3. Pressão plantar e Eletromiografia.....	18
3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	19
3.1. Dispositivos de Aquisição de Dados	21
3.1.1. Sistema Pedar-x	21
3.1.2. Sistema EMG- <i>BioSignalPlux</i>	22
3.2. Metodologia.....	23
3.2.1. Protocolo de testes	25
3.3. Estatística	26
4. ESTUDO ESTATÍSTICO	27
5. EXPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	31
5.1. Pressão plantar.....	31
5.2. Eletromiografia	42
5.3. Análise comparativa.....	52
5.4. Limitações ao estudo.....	53
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
6.1. Conclusões	55
6.2. Sugestões para trabalhos futuros	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

Webgrafia.....	63
APÊNDICE A.....	65
APÊNDICE B.....	67
APÊNDICE C.....	69
APÊNDICE D.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Músculos na parte inferior da perna humana (http://aneste.org).	7
Figura 2.2. Pé humano (http://www.podologistajoana.pt).	7
Figura 2.3. Tipos de pé (https://www.pessemdor.com.br).	8
Figura 2.4. Campo de basquetebol e medidas (https://grand-slam.com.au).	10
Figura 2.5. Testes de uma atleta para o movimento de: (a) ACB; (b) ASB.	11
Figura 2.6. Testes de uma atleta para os movimentos LPD E LPE.	12
Figura 2.7. Testes de uma atleta para o movimento RES.	13
Figura 2.8. Aparelhagem do equipamento Pedar-x.	15
Figura 3.1. Sistema Pedar-x.....	22
Figura 3.2. Sistema EMG (https://www.biosignalsplux.com).	23
Figura 3.3. Bola utilizada nos testes (http://www.casasenna.com).	24
Figura 3.4. Aparelhagem completa da atleta.	25
Figura 4.1. Nº de repetições para 7 valores, 5 atletas, movimentos diferentes.	29
Figura 4.2. Número de repetições para 8 valores.	30
Figura 5.1. Tipos de pé: (a) pé normal; (b) pé plano.	32
Figura 5.2. Comparação da distribuição da pressão plantar para o caso de atleta com pé normal (A) e atleta com pé plano (B): (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.....	32
Figura 5.3. Comparação da distribuição da pressão plantar para T1 e T2: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.....	36
Figura 5.4. VPMP para as atletas: (a) mais experientes; (b) menos experientes.....	41
Figura 5.5. Sinal de EMG em bruto para T1 e T2: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.....	46
Figura 5.6. Comparação entre T1 e T2 para as atletas mais e menos experientes da variável: (a) TA; (b) % MVC.	51
Figura 5.7. Comparação entre VPMV e TA para T1 e T2.	52
Figura A1. Representação dos músculos em estudo com a respetiva legenda.	65
Figura C1. Comparação da distribuição da pressão plantar para uma atleta mais experiente, T1 e T2: (a) Normal; (b) ACB; (c) ASB; (d) LPD; (e) LPE; (f) RES.	69
Figura C2. Comparação da distribuição da pressão plantar para uma atleta menos experiente, T1 e T2: (a) Normal; (b) ACB; (c) ASB; (d) LPD; (e) LPE; (f) RES.	70

Figura D1. Comparação do sinal EMG para uma atleta mais experiente, T1 e T2: (a) ACB;
(b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES. 72

Figura D2. Comparação do sinal EMG para uma atleta menos experiente, T1 e T2: (a)
ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES. 73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Dados antropométricos das atletas voluntárias.	20
Tabela 4.1. Análise sobre o nº de repetições necessárias para maior certeza nos resultados (7 valores) – 5 atletas.....	28
Tabela 4.2. Análise sobre o nº de repetições necessárias para maior certeza nos resultados (8 valores).	30
Tabela 5.1. VMPPM e respetivo DP para todas as atletas e comparação estatística entre momentos de avaliação e lateralidade do pé.....	34
Tabela 5.2. Teste de Friedman para avaliar relações estatisticamente significativas.	37
Tabela 5.3. Relações estatísticas dos movimentos entre si para: (a) T1; (b) T2.	38
Tabela 5.4. Tabelas com as relações estatísticas p para os 2 níveis de experiência para: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.....	39
Tabela 5.5. - \bar{X} e DP do tempo de ativação e da % MVC para todas as atletas, para: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.....	43
Tabela 5.6. Teste de Friedman para avaliar relações estatisticamente significativas entre os diferentes movimentos basquetebolísticos em análise.	46
Tabela 5.7. Relações estatísticas p para: (a) T1; (b) T2.....	47
Tabela 5.8. Tabelas com as relações estatísticas p para os 2 níveis de experiência para: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.	48
Tabela A1. Canais respetivos a cada músculo.....	65
Tabela B1. Aleatorização para a sequência de movimentos do protocolo de testes.....	67

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

% MVC - Comparação entre o valor máximo atingido na repetição e a máxima contração voluntária

\bar{X} - Média

p – Probabilidade das duas variáveis a comparar serem iguais

Siglas

ACB – Arranque com bola

ASB – Arranque sem bola

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

DP - Desvio Padrão

EMG - Eletromiografia

EP - Erro Padrão

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FIB – Federação Internacional de Basquetebol

FIBA – Federação Internacional de Basquetebol Amador

FPB – Federação Portuguesa de Basquetebol

GLD – Gastrocnémio lateral direito

GLE – Gastrocnémio lateral esquerdo

GMD – Gastrocnémio medial direito

GME – Gastrocnémio medial esquerdo

IC - Intervalo de confiança

IMC – Índice de Massa Corporal

LPD – Lançamento na passada do lado direito

LPE – Lançamento na passada do lado esquerdo

MVC – Máxima contração voluntária

MWT - *Ten meter walk test*

N - Número de elementos

PPG – Gradiente de pressões plantares

PPP – Pico de pressões plantares

PTI – Integral ou Impulso de pressão

RES – Ressalto

RMS – Raíz média quadrada

T1 – 1º momento de aquisição de dados (mês de novembro)

T2 – 2º momento de aquisição de dados (mês de março)

TA – Tempo de ativação muscular

VMPV – Valor médio das pressões máximas

WNBA - *Women's National Basketball Association*

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos as pessoas têm demonstrado cada vez mais interesse pela prática desportiva, tanto por lazer, como federada. O número de praticantes nas mais variadas modalidades desportivas tem vindo a aumentar e, hoje em dia, é normal as pessoas referirem que frequentam o ginásio, se juntam para caminhar, correr ou, simplesmente, fazer um joguinho entre amigos.

O basquetebol é um desporto com cada vez maior número de praticantes. Pode ser praticado em contexto de rua ou em pavilhões, em modo de lazer ou de competição. Encontrar campos de basquetebol espalhados pelas cidades, não só em Portugal como no mundo, é tarefa fácil. No entanto, com o aumento do número de atletas, aumenta a competição, a intensidade do treino, bem como o número de horas semanais de prática, o que pode conduzir a um maior número de lesões.

As lesões mais frequentes nos basquetebolistas ocorrem, principalmente, ao nível dos membros inferiores, pelo que, nesta situação, a prática desportiva pode não trazer apenas benefícios, mas também algumas contrariedades.

Aliar a engenharia mecânica ao estudo do comportamento do corpo humano, área normalmente designada por biomecânica, é cada vez mais comum. Na realidade, o corpo humano é um complexo sistema mecânico, sujeito a variadas solicitações- externas e internas, que permitem a execução de um conjunto de tarefas associadas às necessidades do dia-a-dia. Uma das principais funções do corpo humano está associada à sua locomoção. Neste contexto o corpo estabelece contacto com o exterior através dos pés, distribuindo, de modo equilibrado o seu peso na *interface* com o solo, a que se designa habitualmente como distribuição da pressão plantar. O corpo humano integra um conjunto de elementos estruturais essenciais à sua locomoção, designado por ossos a que estão associados os músculos, importantes elementos flexíveis, que garantem a produção de força e o movimento entre a estrutura esquelética, permitindo assim a locomoção e a prática desportiva.

Sendo a autora praticante federada de basquetebol desde os 5 anos de idade, a motivação para implementar um estudo biomecânico no contexto da prática deste desporto surgiu de modo natural. Analisando a experiência vivenciada ao longo de anos, em que a

evolução ao longo de uma época desportiva é determinante, a autora colocou com interesse neste estudo a procura de respostas quanto a dois aspetos essenciais na prática desta modalidade, a atividade muscular e a *interface* do pé ao solo. Assim, o estudo implementado procura contribuir para a resposta à questão: qual a alteração ao longo da época na distribuição da pressão plantar e na atividade muscular dos membros inferiores, em diferentes movimentos associados à prática do basquetebol.

1.1. Contributo da autora

Com o presente estudo a autora pretende contribuir para a melhoria da prática do basquetebol, identificando as partes dos membros inferiores que são mais solicitadas. A sua experiência como atleta e as sugestões dos seus treinadores, permitiram identificar os movimentos mais frequentes durante a prática do basquetebol.

Com a identificação dos movimentos que induzem maiores riscos para a saúde dos atletas será possível adotar estratégias de treino que permitam reduzir, ou mesmo eliminar, esses riscos. Por exemplo, uma postura mais correta ou um movimento realizado de forma técnica mais apurada, podem ser importantes para um melhor desempenho.

De acordo com o conhecimento da autora, não existem estudos sobre os movimentos exibidos durante a prática do basquetebol a serem abordados na presente dissertação. Deste modo, pode-se considerar este trabalho pioneiro na área, contribuindo para um melhor entendimento sobre o desempenho dos basquetebolistas.

O crescente interesse em aliar a engenharia ao desporto faz com que estudos acerca do comportamento biomecânico do corpo humano, na prática de várias modalidades desportivas, comecem a ganhar cada vez mais extensão e crédito junto da comunidade científica.

1.2. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, divididos por subcapítulos, sendo a introdução o primeiro. No segundo capítulo é apresentada uma breve revisão bibliográfica, onde se procura identificar o que se encontra publicado na área, bem como as questões que ainda se encontram sem resposta. Com o segundo capítulo pretende-se enquadrar os leitores no tema em estudo. O terceiro capítulo descreve

o procedimento experimental utilizado ao longo do estudo, onde se apresenta a amostra, métodos, materiais e metodologia adotados para a realização dos testes. No quarto capítulo é apresentada uma breve análise estatística para se aferir o número de repetições mínimo a ser realizado por atleta e por movimento. O capítulo cinco expõe os resultados e uma discussão sobre os mesmos. Por fim, no capítulo seis, são apresentadas as conclusões e considerações finais, assim como as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem a finalidade de enquadrar o leitor nos principais temas sobre os quais a presente dissertação se foca, bem como descrever uma breve revisão dos conceitos teóricos que são utilizados ao longo da mesma. Assim, este capítulo envolve o enquadramento da anatomia humana e do basquetebol enquanto modalidade desportiva, assim como alguns fundamentos teóricos que serviram de base ao estudo implementado.

2.1. Anatomia Humana

O corpo humano pode ser visto como um sistema mecânico complexo e eficaz, no qual os movimentos são transmitidos aos membros através de articulações e músculos. Para a elaboração da presente dissertação, tornou-se relevante aprofundar o conhecimento ao nível do membro inferior, no entanto, considera-se importante apresentar uma visão geral de todo o corpo humano e dos seus constituintes, baseado em A. Gilroy [1], F. Netter [2], E. Ody *et. al.* [3], J. P. Pinheiro *et. al.* [4] e R. Seeley *et. al.* [5].

O esqueleto humano é constituído por 208 componentes ósseos, excluindo os ossos sesamoides. Funciona como estrutura de suporte do corpo humano, tendo ainda a função de proteção. A estrutura óssea é constituída por uma parte compacta, designada por cortical e outra parte esponjosa, designada por trabecular. No sistema mecânico do corpo humano, os ossos são ligados entre si através de articulações, podendo as mesmas ser comparadas a rótulas de transmissão mecânica, induzindo movimento aos ossos, que fazem com que todo o corpo se consiga movimentar. Uma falha nas articulações pode comprometer todo o movimento associado aos membros nos quais a articulação afetada se encontra inserida. Nos membros inferiores, parte principal e em que se baseia esta dissertação, podem-se distinguir quatro segmentos distintos: cintura pélvica; coxa; perna; pé. Tendo em conta a importância da perna e do pé no estudo implementado, apresenta-se uma descrição detalhada destes dois elementos.

2.1.1. Músculos

Os músculos são estruturas anatômicas com atividade contrátil e representam entre 40 a 50% do peso corporal, existindo um total de 501 músculos (superficiais e profundos). As funções principais dos mesmos são, para além de promover a atividade motora, conferir uma correta manutenção postural ao ser humano.

Sabendo que os músculos dos membros inferiores têm um contributo para o corpo humano muito significativo, podendo o seu contributo chegar a ser duas vezes superior ao dos membros superiores, o presente estudo torna-se ainda mais interessante e relevante do ponto de vista anatómico.

Os músculos da perna promovem, para além de mais funções, a flexão da perna sobre o pé, e podem ser divididos em 3 regiões: região anterior, lateral e posterior da perna. Na região anterior encontra-se a tibial anterior, o extensor comum dos dedos, o extensor próprio do primeiro dedo e o fibular anterior. Na região lateral identifica-se o longo e curto fibular lateral, enquanto que a região posterior se divide em dois planos, o plano superficial e o plano profundo.

Sendo os músculos a analisar neste estudo os gastrocnémios lateral e medial, pelo facto de ambos serem músculos determinantes no movimento da marcha e, por essa mesma razão, determinantes nos movimentos em análise no estudo, o foco está na região posterior da perna e, mais concretamente, no plano superficial, por ser onde os mesmos se encontram. Enquanto no plano profundo se encontra o poplíteo, tibial posterior, flexor comum dos dedos e flexor próprio do 1º dedo, no plano superficial encontra-se o músculo tricípite sural e o plantar. O músculo tricípite sural, um músculo volumoso que ocupa a região posterior da perna, é constituído pelos gastrocnémios lateral e medial, para além do solear. O gastrocnémio medial encontra-se na região posterior do côndilo femoral medial, ao passo que o gastrocnémio lateral se encontra na região posterior do côndilo femoral lateral, Figura 2.1.

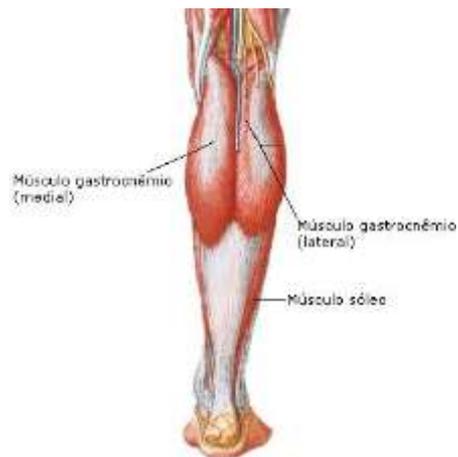


Figura 2.1. Músculos na parte inferior da perna humana (<http://aneste.org>).

2.1.2. O pé

O pé humano é uma estrutura mecânica multiarticular complexa, composta por ossos, articulações e tecidos moles, com um papel fundamental na função biomecânica dos membros inferiores [6]. Sendo a parte do corpo que se encontra em contacto direto com o solo, este torna-se uma estrutura biomecânica com elevada complexidade e importância. O mesmo tem como funções principais a locomoção, a sustentação de todo o peso corporal e, ainda, o controlo da distribuição da pressão plantar.

O pé é constituído por 26 ossos, 33 articulações, 107 ligamentos e 19 músculos e tendões. Os 26 ossos encontram-se divididos por tarso, metatarso (cinco metatarsianos) e dedos (3 falanges em cada dedo exceto no primeiro dedo, que tem 2), e apresenta ainda músculos intrínsecos que provocam a flexão, extensão, abdução e adução dos dedos, figura 2.2. Tal como demonstrado na figura 2.2, o pé pode-se dividir por 3 zonas: antepé, mediopé e retropé.

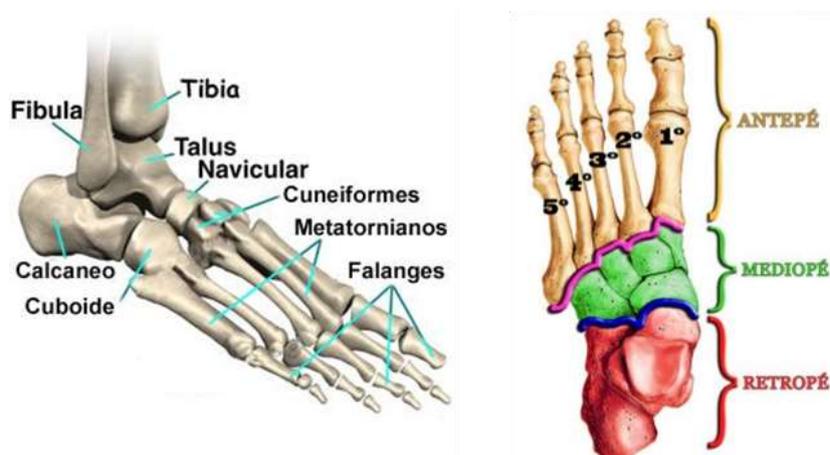


Figura 2.2. Pé humano (<http://www.podologistajoana.pt>).

Para além de conhecer a anatomia do pé, é também interessante conhecer os tipos de pés que existem afim de entender, numa fase posterior, alguns dos resultados obtidos para cada atleta no estudo da pressão plantar. É sabido que, ao nível morfológico, podem existir 4 tipos de pés com deformidade: pé plano (ou pé chato), pé cavo, pé varo e pé valgo, sendo os mais comuns o pé plano e cavo, ambos caracterizados por uma deformação em valgo do retropé. Tanto o pé plano como o pé cavo representam modificações a nível anatómico do arco plantar, e representam um maior perigo e uma maior suscetibilidade à existência de lesões nos atletas de desportos de elevado grau de contacto, como é o caso do basquetebol.

A maior diferença entre ambos está relacionada com o tipo de arco do pé, sendo no pé cavo um arco alto enquanto no plano o arco é baixo, figura 2.3.



Figura 2.3. Tipos de pé (<https://www.pessemdor.com.br>).

Tal como é possível observar na figura 2,3, devido ao tipo de arco do pé cavo, este apresenta uma área de contacto com o solo mais reduzida do que o normal, obrigando a que a distribuição da pressão seja mais concentrada na região do calcanhar e dos metatarsianos. Os indivíduos que apresentam este tipo de pé tendem a usar, na maioria das vezes, a zona lateral dos pés, exagerando a supinação. Este é um fenómeno que, com o movimento, pode levar a lesões tais como as entorses tornozelo. É ainda neste tipo de pé que se observa o maior número de lesões, pelo facto de este ser um tipo de pé bio mecanicamente mais suscetível a lesões [7]. Isto ocorre pelo facto deste tipo de pé apresentar uma menor área de contacto, aumentando deste modo a pressão nas restantes áreas do pé tornando-o mais instável.

Os indivíduos com pé plano, tendo praticamente toda a região de suporte do pé assente no solo, apresentam uma área de contacto muito superior o que diminui a capacidade de absorção de impacto, pois verifica-se uma concentração de pressões na parte medial dos pés.

2.2. Basquetebol

O basquetebol é, na atualidade, um dos desportos coletivos mais populares e praticados em todo o mundo. Tratando-se de um desporto com especificidade histórica, será interessante recuar ao passado e entender como surgiu e qual a sua evolução.

Baseado em P. C. Bjarkman [8], o basquetebol remonta ao ano de 1891, criado nos Estados Unidos da América por James Naismith, um professor que pretendia idealizar uma alternativa aos desportos ao ar livre e, em especial, um desporto menos violento que o futebol americano. Foi assim que, ao pendurar duas cestas de pêssegos a uma altura de 3,05 metros do chão, altura que se mantém até aos dias de hoje, e usando uma bola de futebol, se realizou o primeiro jogo de basquetebol.

Desde o ano da sua criação até ao ano em que se estreia como modalidade olímpica decorreram 45 anos, surgindo então nos Jogos Olímpicos de Berlim em 1936. Nesta altura, naturalmente, a bola utilizada já era uma bola de basquetebol, tendo sido a primeira bola criada em 1894 pela empresa Massachusetts.

O basquetebol surgiu em Portugal no ano de 1913, pelas mãos do professor de educação física Rodolfo Honey. A primeira prova inter-regional foi realizada apenas 9 anos mais tarde, em 1922, com a participação de Lisboa, Porto e Coimbra. Esta última venceu o torneio, tendo-se sagrado como primeira vencedora de provas oficiais de basquetebol em Portugal. Passados 5 anos, em 1927, foi criada a Federação Portuguesa de Basquetebol (FPB), a organização máxima do desporto nacional e responsável por todas as provas de carácter nacional realizadas no país.

O ano de 1932 ficou marcado pela criação da Federação Internacional de Basquetebol (FIB), conhecida nos dias de hoje como Federação Internacional de Basquetebol Amador (FIBA), tendo Portugal como um dos oito países fundadores. Nesse mesmo ano foi realizado o primeiro campeonato português de basquetebol, sagrando como vencedor o Sport Club Conimbricense, clube que resiste até aos dias de hoje, tornando-se assim num dos clubes mais históricos do basquetebol português.

Dois anos mais tarde, em 1934, foi realizado o primeiro jogo de basquetebol feminino, que marcou o início de um trajeto de evolução e divulgação do mesmo pelo mundo. O ponto alto da representatividade feminina do basquetebol português, apareceu com a chegada da atleta Ticha Penincheiro à *Womens's National Basketball Association* (WNBA), o topo do basquetebol mundial e, mais tarde, a sua nomeação para o top 25 de

atletas femininas mundiais de todos os tempos. Mais recentemente, no decorrer do ano de 2019, esta atleta foi incluída no *Hall of Fame*.

A popularidade do basquetebol em Portugal foi evoluindo até à atualidade, em que se contam cerca de 25 mil atletas, de vários escalões etários e de sexo feminino e masculino, distribuídos por cerca de 300 clubes, sendo o segundo desporto com maior popularidade em Portugal.

Caracterizado por ser um jogo de grande velocidade, habilidade e inteligência, o basquetebol é um desporto de pavilhão que opõe duas equipas e tem como objetivo, ao fim dos 40 minutos de jogo, ter mais pontos convertidos que a equipa adversária. O basquetebol opõe 5 jogadores de cada equipa, distribuídos por um campo retangular, figura 2.4.

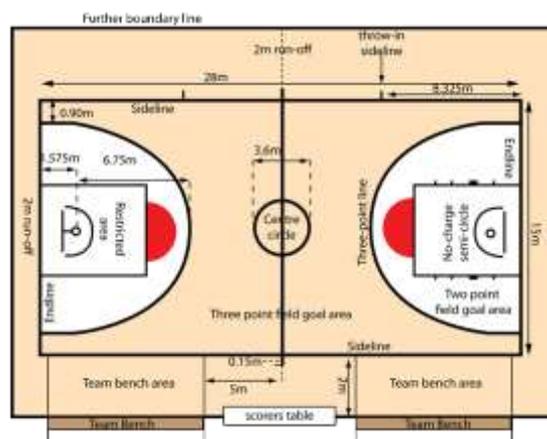


Figura 2.4. Campo de basquetebol e medidas (<https://grand-slam.com.au>).

O basquetebol pode ser considerado um desporto de contacto moderado-alto, sendo a maior parte dos contactos sancionada pela equipa de arbitragem. Alguns dos contactos podem induzir lesões nos praticantes (mais de 60% nos membros inferiores). Este desporto caracteriza-se também por ter picos de velocidade, que consistem em mudanças de velocidade rápidas e repentinas (cerca de 31% do jogo, sendo 20% em alta intensidade), o que se traduz em solicitações não uniformes dos músculos, e que podem provocar lesões. O desporto masculino na sua globalidade apresenta uma taxa de lesões de 9,9 por 1000 atletas, enquanto que para o basquetebol masculino é na ordem dos 4,3 por 1000 atletas. No que toca ao desporto feminino no geral, a taxa de lesões é de 7,7 por 1000 atletas, ao passo que no basquetebol feminino a taxa é ligeiramente inferior, cerca de 4,0 por 1000 atletas [9].

Os recursos técnicos utilizados neste desporto são vários, desde o passe, ao drible, lançamento e vários tipos de arranque em corrida. O basquetebol pode ser considerado um dos desportos que solicita mais músculos e partes do corpo distintas ao mesmo tempo. Tendo em conta a sua importância, de seguida vão ser especificados os movimentos utilizados para o presente estudo: arranques, lançamentos na passada e ressalto [10], [11], [12].

2.2.1. Arranques

Os arranques com bola (ACB) e sem bola (ASB) são recursos utilizados um pouco por todos os desportos, pois são os movimentos que marcam o início do movimento de corrida. Caracterizados por uma mudança repentina da posição de inércia para um movimento acelerado, os arranques são uma variante interessante para o estudo em questão, figura 2.5. A comparação entre ACB e ASB será um aspeto interessante a analisar, a fim de entender o efeito que a bola pode causar na forma e velocidade do arranque.



(a)



(b)

Figura 2.5. Testes de uma atleta para o movimento de: (a) ACB; (b) ASB.

2.2.2. Lançamento na passada

Caracterizado por ser, provavelmente, a forma mais fácil e eficaz de marcar pontos, o lançamento na passada é um dos recursos mais utilizados no jogo de basquetebol. Num movimento de corrida em direção ao cesto, e recorrendo a uma passada alternada, o jogador realiza dois passos, com apenas um pé de cada vez, e já com a bola na sua posse, antes de lançar a mesma ao cesto.

Após o lançamento, a queda será executada, à partida, apenas com um pé numa fase inicial e só depois com o outro, figura 2.6. Dessa forma, todo o peso é colocado nesse pé, o mesmo ocorrendo com a pressão exercida pelo pé no solo aquando da queda. No lançamento na passada do lado direito (LPD), o primeiro pé a ter contacto com o solo é o esquerdo, enquanto que no lançamento na passada do lado esquerdo (LPE) ocorre o contrário, sendo o primeiro contacto com o solo feito através do pé direito. Tendo em conta estes aspetos, e sabendo-se que um dos músculos mais solicitados para o salto é o gastrocnémio, o lançamento na passada torna-se um movimento de elevado interesse neste estudo.

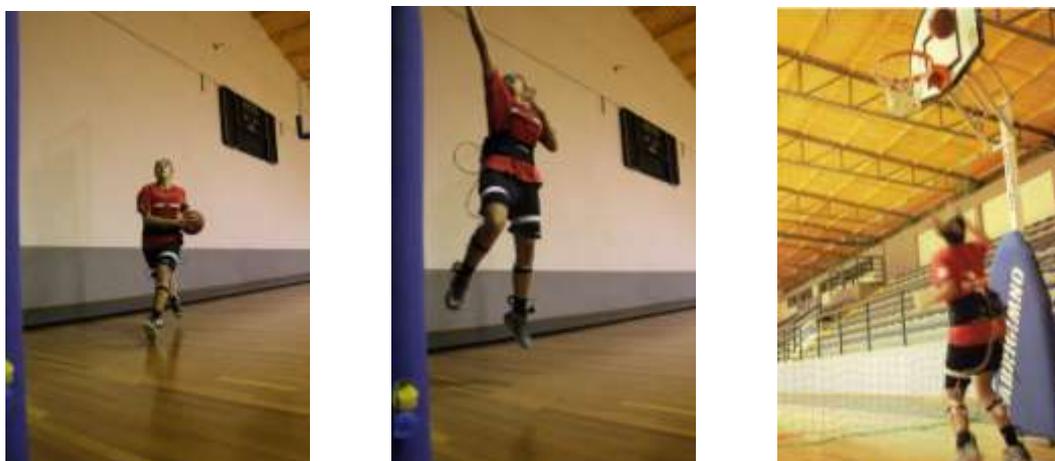


Figura 2.6. Testes de uma atleta para os movimentos LPD E LPE.

2.2.3. Ressalto

O ressalto (RES) é a única forma de garantir a posse de bola após um lançamento falhado, que tanto pode ser da própria equipa (ressalto ofensivo), como da equipa adversária (ressalto defensivo). É um movimento de salto na direção vertical, que pode ser a um ou dois pés, e que devido à ambição de ganhar a bola pode ser bastante elevado, o que

provoca, na receção ao solo, valores de pressão plantar elevados. Para o salto, e à semelhança do lançamento na passada, pode-se identificar uma solicitação importante ao nível do músculo gastrocnémio, escolhido para estudo com eletromiografia.

Este movimento, em situação de jogo, pode surgir de diversas maneiras, com ou sem corrida antes do mesmo. No presente estudo, optou-se por não recorrer à corrida de forma a haver um fator de diferenciação para os outros movimentos, e todo o esforço exigido para o movimento ser colocado no movimento do salto, impondo apenas o salto vertical, praticamente sem haver mudança entre a posição inicial e a final, figura 2.7.

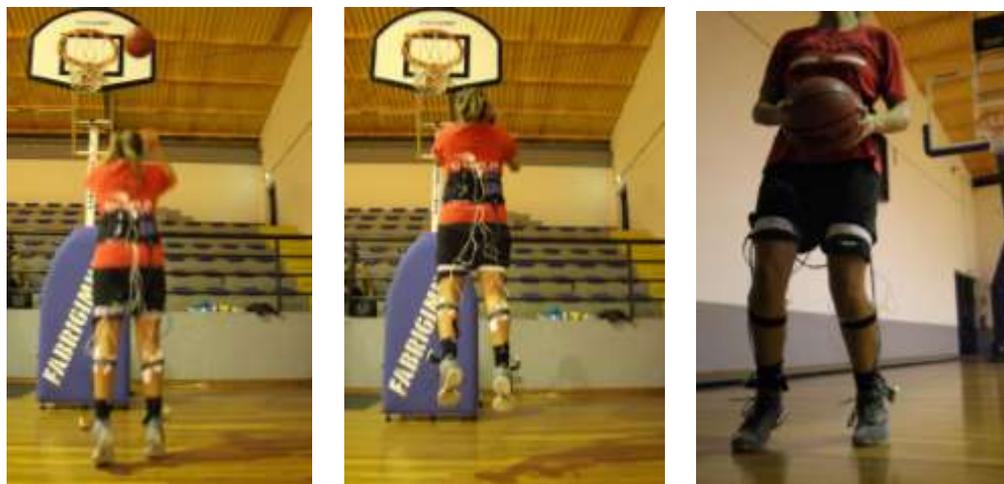


Figura 2.7. Testes de uma atleta para o movimento RES.

2.3. Noções teóricas

Na avaliação biomecânica que se apresenta realizou-se um estudo para avaliar a distribuição da pressão plantar e a eletromiografia, focado em identificar e quantificar respostas diferentes ao nível dos membros inferiores do corpo durante vários recursos técnicos, tidos como mais relevantes. Este estudo envolveu a recolha de dados referentes à distribuição da pressão plantar e da atividade muscular, através de eletromiografia, na execução dos recursos técnicos atrás especificados, que foram executados em paralelo com o âmbito de treino de basquetebol. Assim, entendeu-se como importante proceder a uma descrição teórica que envolva a pressão plantar e a eletromiografia.

2.3.1. Pressão plantar

O estudo da distribuição da pressão plantar surge, nos dias de hoje, como um dos estudos importantes que podem ser implementados ao nível da biomecânica. Dentro da biomecânica desportiva, a pressão plantar surge, na atualidade, como uma das áreas de grande interesse. A informação de como se distribui a pressão plantar nas várias regiões do pé, e a identificação das zonas mais solicitadas, são dados que podem ser usados para corrigir posturas e evitar lesões ao nível do pé, tanto em atletas como em pessoas não praticantes de desporto. Analisar a distribuição da pressão plantar permite relacionar a interação entre a postura do pé e a função biomecânica dos membros inferiores [7].

Tal como descrito na abordagem à anatomia humana, o pé é o elemento do corpo em contacto direto com o solo, tendo o mesmo um papel fulcral no correto desempenho dos movimentos de marcha, corrida e salto. Assim, o seu estudo assume particular interesse nos atletas, visto que a marcha, corrida e salto são recursos bastante usados na prática desportiva. Avaliar as zonas do pé em que se verificam valores superiores de pressões, para os diferentes movimentos, em pessoas portadoras de problemas patológicos, tais como diabetes [13], *Parkinson* [14], [15] e artrites reumáticas [16], [17], pode ajudar na deteção de problemas nos próprios pés [18].

A pressão plantar é avaliada desde há bastante tempo, por exemplo através da marca do pé em tinta, com o indivíduo numa posição ortostática, ou pela visualização da zona de contacto do pé numa caixa com um vidro e um espelho invertido, o podoscópio, estando o indivíduo na mesma posição. Com o aparecimento da eletrónica e dos sensores piezorresistivos, foram desenvolvidas as primeiras plataformas para quantificação da distribuição da pressão plantar fixas no solo, sobre as quais os pacientes se colocavam. Por forma a poder incluir o estudo da pressão plantar, por exemplo, na prática desportiva, foi necessária uma evolução para sistemas com portabilidade. Com esta evolução surgiu o sistema Pedar-x, um mecanismo da marca Novel® que, devido à sua portabilidade, pode ser usado tanto em contexto ocupacional como desportivo, não se limitando a laboratório, figura 2.8.



Figura 2.8. Aparelhagem do equipamento Pedar-x.

As palmilhas presentes neste equipamento incluem 99 sensores piezorresistivos, e através do registo da pressão em cada um dos sensores é possível, com recurso ao software Pedar, identificar e quantificar várias características associadas à distribuição da pressão plantar, tais como gradiente de pressão plantar (PPG), pico de pressões plantares (VMPPM) e integral tempo da pressão plantar (PTI). O PPG, ao indicar concentrações de pressão numa determinada zona, permite identificar as zonas do pé mais suscetíveis a lesões cutâneas. Comparando as zonas e os fatores de quantificação da pressão plantar, em indivíduos saudáveis, o valor de PPG é geralmente 143% superior no antepé em relação ao retropé, sendo o VMPPM apenas 36% superior no antepé, [19]. O PTI, sendo a soma do produto do pico de pressão com a duração, [20], encontra-se sempre dependente dos fatores tempo e VMPPM. Os valores de VMPPM têm também uma relação com o tipo de sola da sapatilha utilizada, sendo registados valores mais baixos em sapatilhas com solas mais suaves, tipo de sapatilhas que pode ajudar na prevenção de lesões ao nível dos membros inferiores, mais especificamente, dos pés, tal como descrito no estudo de Lam *et. al.* [21].

2.3.2. Eletromiografia

Caracterizada por avaliar as diferenças de potencial na linha de tensão, isto é, na mesma fibra muscular, a eletromiografia (EMG) avalia o comportamento elétrico do músculo através de elétrodos.

De acordo com Subbu *et. al.* [22], a EMG de superfície é uma técnica não invasiva, que permite a medição contínua, comumente usada para a avaliação da ativação e fadiga muscular. Um variado número de parâmetros pode ser utilizado para avaliar alterações da atividade elétrica do músculo em amplitude e frequência. Para normalizar a amplitude do sinal pode recorrer-se a contração máxima voluntária (MVC), pico máximo do sinal, valor médio do sinal ou valor fixo do sinal. O MVC, maior valor encontrado para o movimento, surge como uma referência para normalização do mesmo. Determina ainda os tempos de ativação para os músculos em estudo, parâmetro temporal.

A EMG fornece sinais que podem ser de 3 tipos diferentes: monopolar, bipolar e multipolar. O sinal monopolar é um sinal simples, usado normalmente em músculos de dimensões reduzidas, sendo que o sinal bipolar é usado para avaliar a máxima contração voluntária.

Vários autores utilizam a eletromiografia em atletas, avaliando o recrutamento muscular de forma a obter informações sobre a eficiência do movimento. Por exemplo Gungor *et. al.* [23], utiliza a EMG na análise de vários músculos, reto femoral, bíceps femorais e gastrocnêmios, durante a realização de um salto, comparando jogadores de futebol amadores e profissionais. Estes autores concluíram que a elevada ativação dos gastrocnêmios pode ser um fator de grande relevância para um melhor desempenho durante o salto vertical. G. Wulf *et. al.* [24], também usaram a EMG para avaliar a ativação muscular de vários músculos durante a realização de um salto vertical. Essa análise comparativa foi efetuada com base no erro da raiz média quadrada (RMS).

Os elétrodos utilizados a nível desportivo são os superficiais, com o auxílio de superfícies de deteção c. Compostas por um sistema Ag-AgCl associado a um gel condutor-eletrólito, que aderem à pele. Esta superfície capta a corrente induzida pelo músculo através da *interface* pele- elétrodo.

Taha *et. al.* [25], analisaram o desempenho durante os treinos recorrendo à EMG, por forma a identificarem os músculos com probabilidade de ocorrência de lesões. Em conformidade com estes autores, através da correlação da atividade muscular com o

desempenho, fadiga e impulso, é possível a adequação do treino aos atletas, aumentando assim o seu desempenho.

Também nos praticantes de golfe foram avaliados, em termos de atividade, valores superiores. Nesse estudo a atividade muscular foi expressa como uma percentagem da atividade máxima de teste muscular manual para cada fase do *swing* do golfe [26].

Em relação em concreto ao basquetebol, já existem alguns estudos para avaliar a ativação muscular nos atletas. No entanto, a maioria das análises incidem no ato de lançamento exterior e lance livre, sendo que neste caso os músculos em análise são os bíceps e os tríceps. M. Fajardo [27], avaliou o RMS e o pico de amplitude de sinal elétrico durante o lançamento em basquetebol, identificando os músculos que ficam sujeitos a maior tensão. H. Zukowska *et. al.* [28], fez um estudo semelhante, verificando o tempo de ativação e o RMS nos bíceps em lançamento, comparando atletas mais talentosos com menos experientes. A atividade muscular foi expressa como uma percentagem da atividade máxima de teste muscular manual para cada fase do *swing* do golfe. Concluíram que músculos bem desenvolvidos, isto é, atletas mais hábeis, têm menor tempo de ativação.

Com o aumento do número de praticantes de basquetebol em cadeiras de rodas, surgiu o interesse de verificar se existem diferenças musculares nos atletas que praticam basquetebol em cadeiras de rodas e os que o praticam em pé. Assim, H. Matthew *et. al.* [29], avaliaram a ativação muscular durante a prática de basquetebol em cadeiras de rodas, comparando atletas com deficiências e atletas sem deficiência. Colocaram elétrodos em vários músculos, dos membros superiores e inferiores, como por exemplo, tríceps, bíceps e gastrocnémios, e avaliaram durante o lance livre. Neste estudo os resultados de ativação muscular foram avaliados através da percentagem de postura estática. Segundo estes autores, a identificação da atividade muscular pode ajudar os treinadores a definirem estratégias de treino, individualizadas, de modo a fortalecer e restaurar o equilíbrio muscular, prevenindo desta forma a ocorrência de lesões.

Apesar de já existirem alguns estudos sobre o basquetebol- [27], [28], [29], [30], de acordo com o conhecimento da autora não existem, em literatura aberta, artigos que abordem o arranque, o lançamento na passada e o ressalto.

Contudo, J. Agel *et. al.* [30], verificaram que 60% das lesões que surgem na prática do basquetebol são nos membros inferiores, daí ser interessante avaliar através da EMG a ativação muscular dos gastrocnémios.

2.3.3. Pressão plantar e Eletromiografia

A ligação entre a atividade muscular dos músculos gastrocnêmios e a distribuição das pressões plantares têm uma relação através do momento flexor, segundo M. Moriguchi *et. al.* [31]. O mesmo autor refere que os gastrocnêmios mediais são os primeiros a contribuir para uma aceleração da marcha.

A atividade deste músculo provoca um aumento no momento flexor, aumento este que provoca valores de pressão plantar mais elevados. Assim, pode-se afirmar que para uma redução da atividade associada aos gastrocnêmios mediais, os valores da distribuição na pressão plantar a nível do antepé também diminuem [31].

Alguns autores tentaram fazer estudos em que fosse possível correlacionar a EMG com a pressão plantar. Por exemplo, R. M. Koldenhoven *et. al.* [32] e S. Mineta *et. al.* [33] avaliaram, através da EMG e da pressão plantar, pacientes com instabilidade de anca. No entanto, concluíram que a influência da atividade muscular dos gastrocnêmios com a distribuição plantar não está bem explicada. A análise em termos de EMG foi realizada com base no RMS.

R. Weist *et. al.* [34], aferiu que a fadiga muscular observada através da média da amplitude EMG (Volts) e da distribuição da pressão plantar, avaliada durante a corrida, pode explicar a incidência de fraturas no metatarso.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O presente capítulo tem como finalidade descrever a amostra, os métodos e os materiais usados na aquisição de resultados, bem como a metodologia adotada no seguimento da mesma.

A amostra, constituída por conveniência, considera um grupo de atletas do sexo feminino, de uma equipa sénior feminina de basquetebol da zona centro, com idades compreendidas entre os 18 e os 23 anos, sendo a média de idades de $19 \pm 1,69$ anos. Todas as atletas têm pelo menos 6 anos de prática da modalidade, podendo considerar-se um grupo experiente na modalidade, uma vez que a maioria já participou em competições ao mais alto nível, tanto pelo próprio clube, como ao nível de seleção distrital. A amostra envolvia inicialmente um grupo de 11 atletas, no entanto, por motivos de lesão de 2 das voluntárias a meio do estudo, a amostra ficou reduzida a 9 atletas.

O estudo realizado foi aprovado pela Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Coimbra, tendo sido implementado respeitando a Declaração de Helsínquia. Antes do estudo, todas as atletas voluntárias foram devidamente esclarecidas quanto aos objetivos pretendidos e qual a metodologia a usar, tendo assinado de forma voluntária e consciente um consentimento livre, esclarecido e informado. Também o clube a que as atletas pertencem assinou de modo livre e voluntário um consentimento de colaboração no presente estudo e autorização de participação das suas atletas. O registo de dados seguiu o respeito pela proteção de dados, sendo garantida a confidencialidade dos dados pessoais, com acesso limitado apenas à equipa de investigação, e manipulação através de código de ID da voluntária.

Foram realizados testes em duas alturas distintas da época, uma no início da época desportiva (novembro), e uma dois meses antes do fim da época desportiva (março).

Antes da aquisição dos dados foram realizados testes de caracterização da marcha de cada uma das voluntárias, implementados no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.

Na tabela 3.1. encontram-se os dados antropométricos das atletas, estando as mesmas referenciadas pelo código ID, diferenciadas por número de identificação, de forma a preservar a identidade das mesmas e garantir desta forma o anonimato. Para além dos dados

antropométricos encontram-se ainda os valores do Índice de Massa Corporal (IMC), uma medida internacional, de cada atleta, equação (3.1).

$$IMC = \frac{Massa (kg)}{Altura (m) \times Altura (m)} \quad (3.1)$$

Tabela 3.1. Dados antropométricos das atletas voluntárias.

ID	Idade	Altura [m]	IMC [kg.m ²]	Enverg. [m]	Mão dominante	Anos prática	Lesões	Ano lesão
01	19	1,79	22,8	1,79	D	7	SIM	2012,2013, 2014,2016
02	19	1,66	24,3	1,61	D	12	SIM	2013,2015, 2016,2017
03	19	1,71	18,8	1,69	D	11	SIM	2017, 2018
04	22	1,64	26,2	1,63	E	17	NÃO	-
05	23	1,69	25,3	1,63	D	17	SIM	2011, 2013, 2018
06	21	1,58	28	1,58	D	7	SIM	2011
07	18	1,62	19,8	1,58	D	11	SIM	2014
08	19	1,60	24	1,58	D	6	SIM	2015, 2018
09	19	1,66	19,2	1,62	E	11	SIM	2011

Legenda: Enverg. – Envergadura;
D- Direita; E- Esquerda.

3.1. Dispositivos de Aquisição de Dados

O estudo recorre a 2 sistemas de medição, de modo a ser possível adquirir dados referentes à distribuição da pressão plantar e ao recrutamento muscular por eletromiografia.

3.1.1. Sistema Pedar-x

Para a aquisição de dados relativos à distribuição da pressão plantar, recorreu-se ao sistema Pedar-x (Novel®, Alemanha), figura 3.1. Este dispositivo é caracterizado por ser um dos sistemas com maior eficiência, flexibilidade e mobilidade no registo da distribuição da pressão plantar [35].

O sistema é composto por um par de palmilhas flexíveis, contendo uma matriz de 99 sensores distribuídos de forma homogénea em cada uma das palmilhas. Cada sensor ocupa cerca de 1 cm² da palmilha, área que pode variar ligeiramente consoante a localização do sensor na própria palmilha. Sendo um sistema a utilizar no corpo humano, é essencial a possibilidade de utilizar diferentes tamanhos de palmilhas, consoante o tamanho do pé do utilizador. Assim, no estudo consideraram-se os seguintes tamanhos de palmilhas:

- XW 532 R / XW 533 L;
- 1928 R / 1927 L;
- 1872 R / 1869 L.

As palmilhas utilizadas na aquisição apresentam as seguintes especificações técnicas:

Tipo de sensor: Piezorresistivo com:

- Espessura dos sensores: 1,9 mm;
- Número de sensores: 99 por palmilha;
- Amplitude de pressão: 637,5 kPa;
- Histerese: 7%;
- Resolução: 2,5 kPa;
- Frequência da amostragem: 50-100 Hz.

Este é um sistema de aquisição permite a ligação direta por cabo a um PC, o registo em cartão de memória para posterior análise ou a ligação a PC através de *bluetooth*.



Figura 3.1. Sistema Pedar-x.

No estudo que se apresenta, cada palmilha foi escolhida de acordo com a dimensão do pé da atleta voluntária, sendo colocada de modo confortável e sem zonas sobrepostas na sapatilha normalmente usada pela atleta na prática do basquetebol. A calibração dos sensores é feita através do *software* usado, sendo executada com o pé levantado, sem exercer qualquer tipo de pressão. A frequência de sinal utilizada para o estudo foi de 50 Hz.

3.1.2. Sistema EMG- *BioSignalPlux*

A aquisição dos dados de eletromiografia foi implementada com recurso ao sistema *BioSignalPlux*, figura 3.2. Através deste sistema é possível uma aquisição de dados de EMG de superfície, sendo utilizado em trabalhos de pesquisa com elevada precisão.

Este sistema é composto por uma caixa de aquisição de dados e comunicação *bluetooth* ao computador, elétrodos pré-gelificados, 8 sensores de eletromiografia e ainda um sensor de referência sobre o tecido ósseo, na zona de protuberância óssea. As superfícies de deteção são do tipo descartável.

Os sensores utilizados na aquisição têm como especificações técnicas:

- Alcance: $\pm 1,5$ mV;
- Largura da banda: 25-500 Hz;
- Impedância de entrada > 100 GOhm;
- CMRR: 100 dB.



Figura 3.2. Sistema EMG (<https://www.biosignalsplux.com>).

No estudo que se apresenta, os elétrodos foram colocados na zona do gastrocnémio lateral e medial da perna esquerda e direita, tendo sido também colocado um elétrodo na tíbia – zona de protuberância óssea, definido como elétrodo referência. Havendo 4 músculos em estudo, tornou-se necessário definir qual o canal correspondente a cada músculo, para uma mais fácil e eficaz interpretação do sinal. Assim, aos canais A1, A2, A5 e A6 correspondem, respetivamente, os sinais do gastrocnémio lateral esquerdo (GLE), gastrocnémio medial esquerdo (GME), gastrocnémio lateral direito (GLD) e gastrocnémio medial direito (GMD), Apêndice A. Para analisar e observar o sinal no *software OpenSignals* foi utilizada uma amplitude de frequência de sinal entre 20 – 400 Hz.

3.2. Metodologia

O estudo considera a execução de 5 movimentos distintos, ACB, ASB, LPD, LPE, RES, sendo todos eles parte importante do jogo de basquetebol, conforme mencionado no capítulo dois.

Previamente à realização dos 5 movimentos em âmbito de treino, foi realizado um teste de caracterização da marcha. Assim, foi considerado o 10 MWT (*ten meter walk test*), tendo cada atleta percorrido uma distância efetiva correspondente a 10 metros, em linha reta e sem obstáculos, utilizando sapatilhas normais de caminhada.

Cada atleta efetuou um mínimo de 7 repetições válidas para cada um dos movimentos nas duas fases da época consideradas, o que corresponde a um total de pelo menos 70 aquisições por atleta, tanto para a distribuição da pressão plantar como para a

eletromiografia. No total recolheram-se pelo menos 1260 aquisições de dados válidas. Em algumas situações foram realizados mais do que os 7 testes, de modo a compensar eventuais erros de medição durante o procedimento de aquisição, por exemplo por falha de comunicação *bluetooth*.

De forma a ser garantida uma maior fiabilidade dos resultados obtidos foi realizada uma aleatorização da sequência de realização de cada um destes 5 movimentos, tal como se expõe no Apêndice B, sendo a sequência diferente entre atletas. Este é um procedimento fundamental no estudo, dada probabilidade de existência de rotinas, normal em humanos, bem como o cansaço acumulado pela realização dos diferentes exercícios, situações que poderiam interferir nos resultados. Deste modo, através desta aleatorização garantem-se resultados adequados em todos os parâmetros em estudo.

Todos os testes foram realizados com uma bola oficial usada em jogos de basquetebol de seniores femininos, figura 3.3., designada por bola tamanho 6. A pressão da bola foi sempre mantida em 9 *lbs*, bem como a tabela utilizada para lançamento da bola durante a realização dos movimentos considerados foi sempre a mesma.



Figura 3.3. Bola utilizada nos testes (<http://www.casasenna.com>).

Sendo uma aquisição de dados focada nos membros inferiores, o tipo de sapatilha utilizado pode-se tornar também uma variável ao estudo, tendo sido por isso garantida a maior uniformização possível deste aspeto. Para tal foi solicitado às atletas que utilizassem sempre sapatilhas com que jogam basquetebol pois, apesar do modelo ser diferente entre atletas, as características não diferem assim tanto entre modelos. Por outro lado, para os testes de caracterização da marcha foi solicitado que todas as atletas utilizassem sapatilhas de passeio.

3.2.1. Protocolo de testes

Com o intuito de garantir que todas as atletas estavam sujeitas às mesmas condições, foi previamente definido um protocolo de testes. Este protocolo assenta na ordem de passos realizados antes, durante e após a aquisição e define tempos de descanso entre exercícios, repetições, antes e após a aquisição.

O primeiro passo a ser realizado envolve a colocação dos sensores na atleta, começando pelo equipamento de EMG e posteriormente o Pedar-x. Na aparelhagem EMG, de forma a preparar a pele para ter a impedância necessária, o procedimento considera a depilação e retirada de células mortas com adesivo, e posteriormente a limpeza da pele com algodão embebido em álcool na zona do músculo em estudo, bem como na zona de protuberância óssea. Segue-se a colocação dos elétrodos e todo o sistema de comunicação e transporte de sinal necessário para a aquisição.

Sequencialmente, após a colocação do sistema de aquisição EMG, é aplicado o sistema Pedar-x, que inclui a colocação de um cinto de suporte ao sistema de transporte de sinal e comunicação com o PC e as palmilhas, que são ligadas ao cinto através de cabo de comunicação, preso com duas abas de ajuste à perna da atleta. Segue-se um tempo de repouso de 1 minuto, seguindo-se a calibração dos sensores das palmilhas.

Durante a aquisição registaram-se intervalos de 30 segundos entre repetições, e de 1 minuto entre movimentos distintos. Após a aquisição dos dados, cada atleta passa por um pequeno período de repouso antes de retirar os equipamentos.

A figura 3.4. apresenta uma voluntária com o sistema de aquisição e sensores instalados, preparada para iniciar a aquisição de dados.

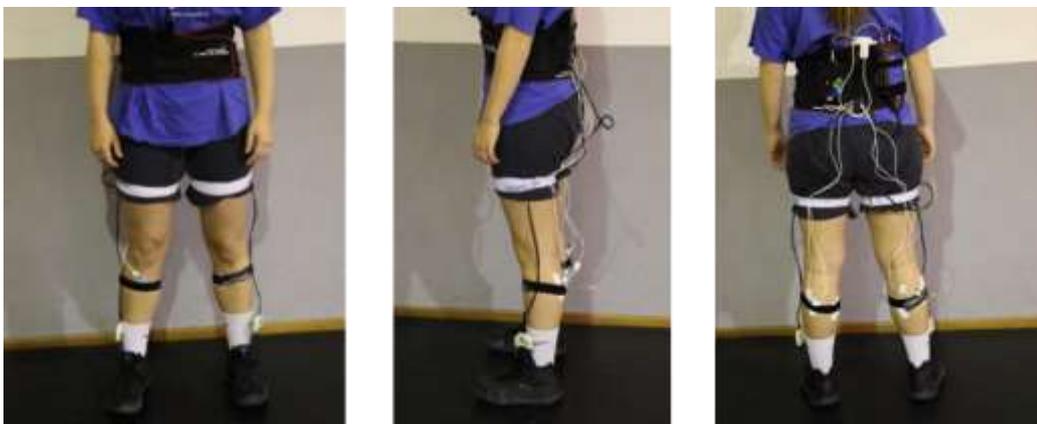


Figura 3.4. Aparelhagem completa da atleta.

3.3. Estatística

Os dados foram processados estatisticamente com o *software* IBM SPSS *Statistics* 25.0 (IBM Corporation, Nova York, EUA). As estatísticas descritivas são apresentadas com média \pm desvio padrão. Os pressupostos de normalidade foram testados com o teste de Shapiro-Wilk. Face ao não cumprimento da suposição de normalidade foi usado um teste de Wilcoxon para a comparação entre os dois momentos de avaliação (T1 e T2), e o teste de Friedman para comparações múltiplas não paramétricas. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$.

O processamento de dados no *software* SPSS teve sempre como base folhas de Excel com os dados estruturados e organizados de forma a facilitar a leitura e interpretação.

4. ESTUDO ESTATÍSTICO

Apesar de não fazer parte dos objetivos do presente estudo, foi realizada uma análise estatística de forma a aferir o número de repetições que cada atleta deveria realizar, de modo a permitir a fiabilidade, repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados.

Assim, foi feita uma análise estatística tendo por base um intervalo de confiança de 95%. Deste modo, escolheram-se aleatoriamente 5 atletas e, para cada uma, foi implementada uma análise tendo por base o cálculo combinatório de um dos exercícios em estudo. Considerou-se uma amostra com 7 valores e avaliaram-se:

- $C \binom{7}{3}$, a que correspondem 35 combinações;
- $C \binom{7}{4}$ para as mesmas 35 combinações possíveis;
- $C \binom{7}{5}$ gerando 21 combinações;
- $C \binom{7}{6}$ originando 7 combinações;
- $C \binom{7}{7}$ que produz apenas 1 combinação.

De seguida calculou-se a média (\bar{X}) para cada combinação e determinou-se o respetivo desvio padrão (DP). Avaliou-se também o erro padrão (EP), dado pelo quociente entre o DP e a raiz quadrada do número de elementos (N), equação (4.1):

$$EP = \frac{DP}{\sqrt{N}}, \quad (4.1)$$

Com o valor de EP foi calculado o intervalo de confiança (IC) dado pela equação (4.2):

$$IC = [\bar{X} - 1,96 * EP; \bar{X} + 1,96 * EP], \quad (4.2)$$

Os resultados obtidos apresentam-se na figura 4.1 e na tabela 4.1. De acordo com os resultados expressos na figura 4.1, é possível verificar-se que 3 e 4 repetições não garantem grande certeza nos resultados, pelo facto de para ambos a percentagem de valores

válidos ser muito reduzida (20-40%). Deste modo, na tabela 4.1 apenas se apresentam os valores relativos às combinações $C \binom{7}{5}$; $C \binom{7}{6}$ e $C \binom{7}{7}$.

De notar que, na figura 4.1 alguns dos valores se encontram sobrepostos, dificultando a visualização dos 5 valores determinados para as 5 atletas. No entanto, verifica-se que para 6 repetições os valores apresentam uma maior percentagem para valores válidos com menor *DP*.

Tabela 4.1. Análise sobre o nº de repetições necessárias para maior certeza nos resultados (7 valores) – 5 atletas.

Comb.	\bar{X} [kPa]	<i>DP</i> [kPa]	<i>EP</i> [kPa]	<i>IC</i> [kPa]	Valores no <i>IC</i> [%]
$C \binom{7}{5}$	405,94	15,49	3,38	[399,3-412,6]	19,1
$C \binom{7}{6}$	405,94	10,55	3,99	[398,1-413,8]	57,1
$C \binom{7}{7}$	405,94	63,27	23,91	[359,1-452,8]	57,1
$C \binom{7}{5}$	516,74	6,76	1,47	[513,9-519,6]	38,1
$C \binom{7}{6}$	516,74	4,59	1,73	[513,3-520,1]	71,4
$C \binom{7}{7}$	516,74	27,58	40,96	[496,3-537,2]	71,4
$C \binom{7}{5}$	331,19	16,10	3,51	[324,3-338,1]	28,6
$C \binom{7}{6}$	331,19	10,89	4,11	[323,0-339,2]	71,4
$C \binom{7}{7}$	331,19	65,3	24,7	[282,7-379,5]	71,4
$C \binom{7}{5}$	422,81	17,10	3,73	[415,5-430,1]	47,6
$C \binom{7}{6}$	422,81	10,07	3,81	[422,1-437,1]	57,1
$C \binom{7}{7}$	422,81	60,16	22,74	[394,6-483,7]	28,6
$C \binom{7}{5}$	305,95	14,13	3,08	[299,9-311,9]	23,8
$C \binom{7}{6}$	305,95	9,89	3,74	[297,8-312,4]	57,1
$C \binom{7}{7}$	305,95	63,34	23,94	[263,2-357,1]	57,1

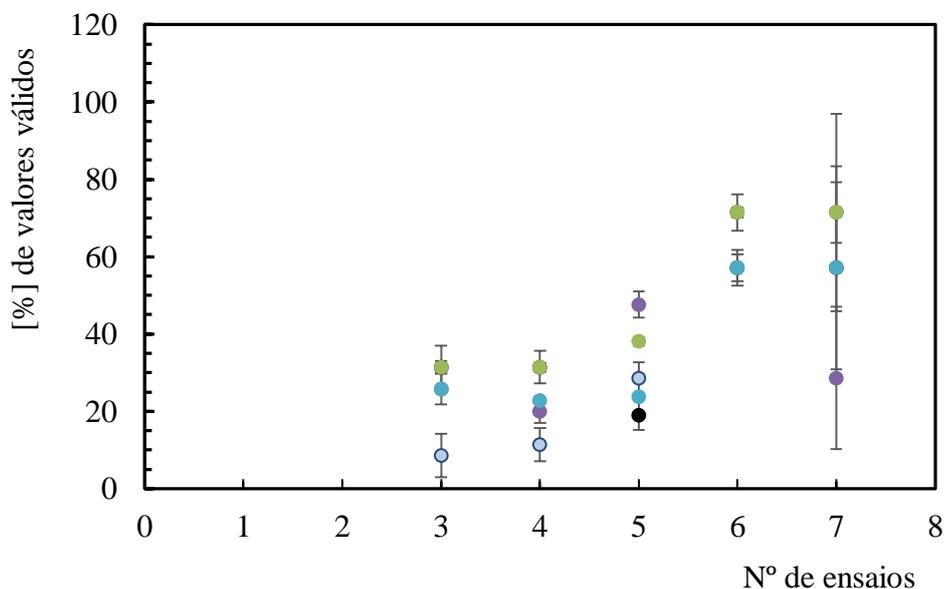


Figura 4.1. Nº de repetições para 7 valores, 5 atletas, movimentos diferentes.

Tendo em conta a análise atrás descrita, é possível afirmar que é necessário um número mínimo de 6 repetições para garantir resultados com intervalo de confiança adequado. Além disso, passar de 6 a 7 aquisições não envolve qualquer vantagem, antes pelo contrário, visto a gama de variação em relação ao valor médio ser muito superior, o que induz mais variabilidade nos resultados. Isto poderia levar, para o presente estudo, à consideração de apenas 6 repetições por atleta, excluindo dessa forma as repetições que se encontravam mais fora do padrão. No entanto, sendo o estudo realizado em seres humanos, optou-se por considerar todas as repetições realizadas, pois a resposta do corpo humano pode diferir entre repetições, de uma forma não linear.

Para confirmação dos resultados da figura 4.1 repetiram-se os cálculos, mas agora considerando uma amostra com 8 valores e avaliando:

- $C \binom{8}{5}$ a que correspondem 56 combinações;
- $C \binom{8}{6}$ para 28 combinações;
- $C \binom{8}{7}$ que origina 8 combinações;
- $C \binom{8}{8}$ para apenas 1 combinação.

Os resultados desta análise encontram-se na tabela 4.2 e na figura 4.2. Estes resultados confirmam que a partir de 6 ensaios não se observam melhorias nos resultados, sendo que para 7 e 8 ensaios se verifica maior aleatoriedade dos valores, ilustrado pela banda de dispersão visualizada na figura 4.2.

Tabela 4.2. Análise sobre o nº de repetições necessárias para maior certeza nos resultados (8 valores).

Comb.	\bar{X} [kPa]	DP [kPa]	EP [kPa]	IC [kPa]	Valores no IC [%]
$C \binom{8}{5}$	423,65	6,91	0,98	[420,8-424,7]	20,0
$C \binom{8}{6}$	423,65	4,95	1,03	[422,5-426,0]	50,0
$C \binom{8}{7}$	423,65	3,61	1,27	[421,2-426,1]	50,0
$C \binom{8}{8}$	423,65	22,24	8,92	[406,2-441,1]	50,0

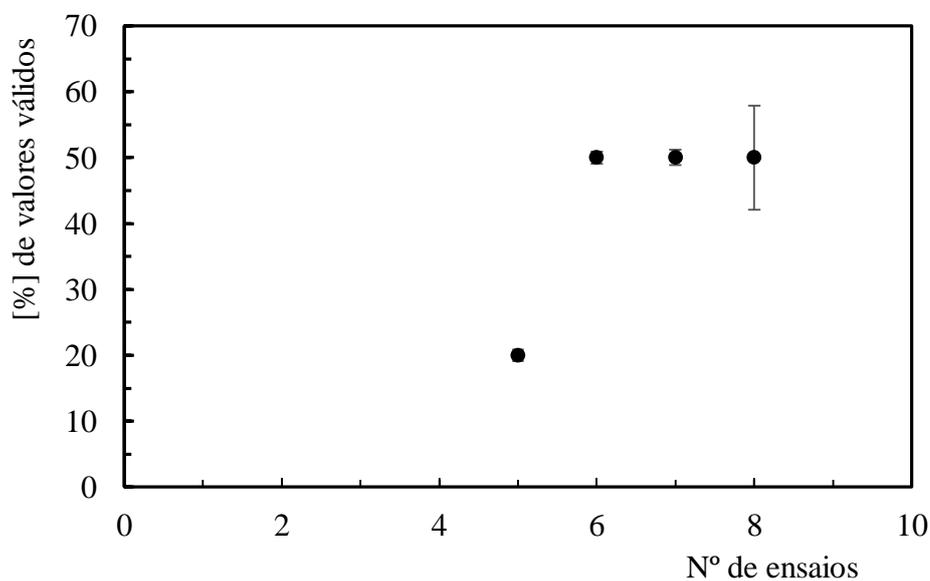


Figura 4.2. Número de repetições para 8 valores.

5. EXPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos, de acordo com a metodologia referida no capítulo 3. Inicialmente são abordados os resultados referentes à distribuição da pressão plantar e do recrutamento muscular de forma independente, sendo depois discutida uma comparação entre ambos. Por fim são apresentadas breves limitações associadas e verificadas ao longo do estudo.

5.1. Pressão plantar

Neste subcapítulo são apresentados os resultados de pressão plantar avaliados para os 5 movimentos em estudo, nas duas fases de época propostas, bem como dos testes de caracterização da marcha. Como abordado no capítulo dois, estando todos os parâmetros da pressão plantar extremamente interligados e interdependentes, basta considerar e analisar apenas um dos parâmetros, de acordo com [18], [20], [36], [37]. O parâmetro selecionado para suporte na análise é o VMPM.

Dos resultados obtidos na caracterização da marcha em situação normal, 7 atletas apresentaram um pé normal (figura 5.1 (a), ID 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), enquanto 2 atletas possuíam pé plano (figura 5.1 (b), ID 2, 3). Comparando as imagens da figura 5.1, constata-se que na figura 5.1 (a) existe uma zona do mediopé que não se encontra praticamente em contacto com o solo (zona preta), o que já não se observa no caso da figura 5.1 (b) em que o pé toca, quase na sua totalidade, no chão.

O teste de caracterização da marcha, além de permitir uma identificação de suporte do tipo de marcha e de pé de cada atleta voluntária, teve como objetivo permitir um primeiro contacto de cada voluntária com o equipamento a usar.

Tendo como suporte os dados obtidos na caracterização da marcha, e após a aquisição de dados para os 5 movimentos escolhidos, tentou-se perceber se o tipo de pé iria ter influência nos resultados, nomeadamente nas zonas do pé mais solicitadas durante os vários movimentos. Na figura 5.2. são apresentados alguns dos resultados para duas atletas com tipos de pé diferentes.

Na figura 5.2. é possível verificar-se que, independentemente do tipo de pé, as zonas mais solicitadas são sensivelmente as mesmas, consoante o movimento em estudo. Assim, foi possível prosseguir a análise considerando os valores de todas as atletas como um todo, não tendo sido necessário dividir as mesmas de acordo com o tipo de pé.

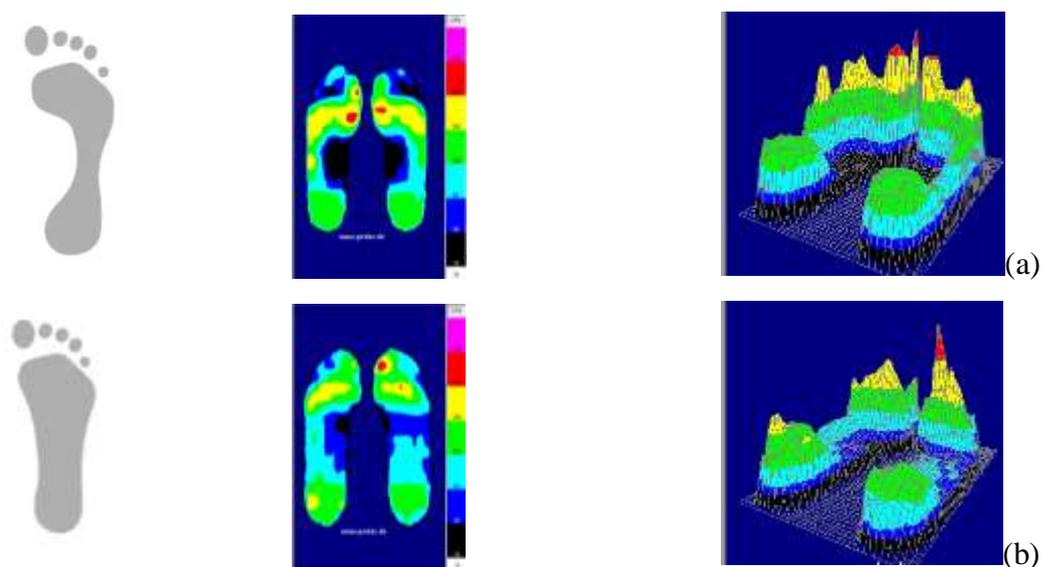


Figura 5.1.- Tipos de pé: (a) pé normal; (b) pé plano.

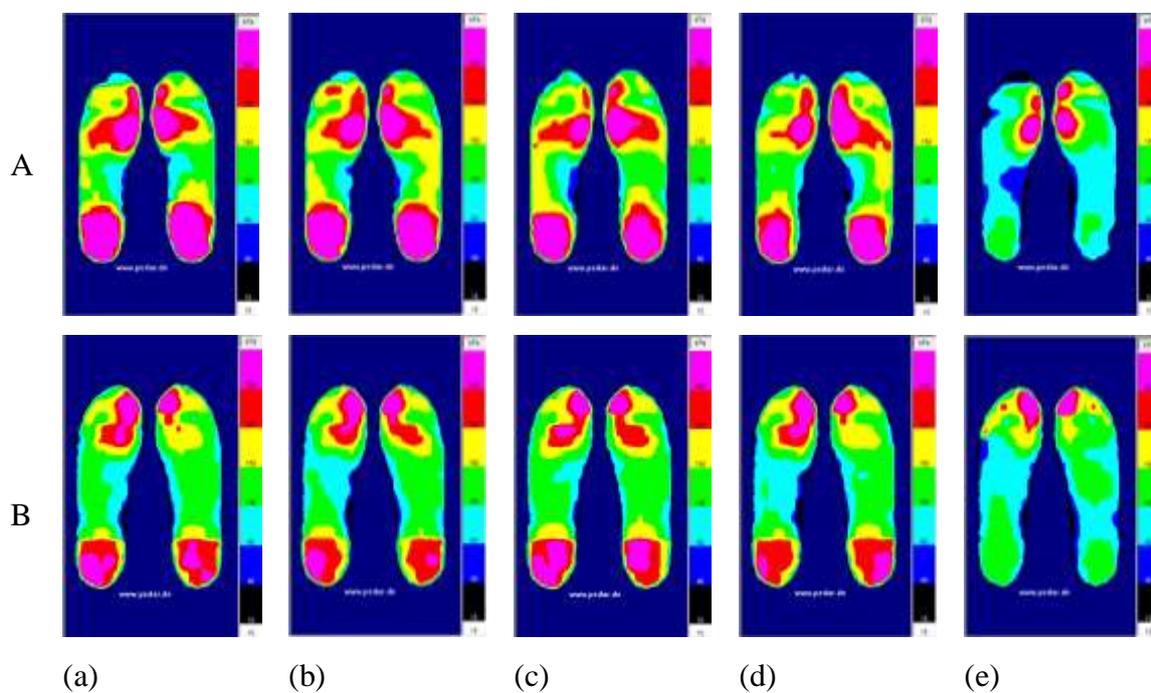


Figura 5.2 – Comparação da distribuição da pressão plantar para o caso de atleta com pé normal (A) e atleta com pé plano (B): (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

Na tabela 5.1 encontram-se os resultados tendo por base os registos de todas as atletas. Para tal, foi considerada a média por atleta e por movimento, sendo posteriormente feita a média entre atletas para cada movimento e correspondente fase da época. Como seria de esperar, o DP apresenta um valor relativamente elevado, por se tratar de um cálculo que envolveu todas as atletas, sendo que cada uma tem características físicas diferentes, bem como anos de prática e técnica individual distintos.

Tal como se descreveu no capítulo quatro, 6 repetições por atleta e por movimento será o número ideal para garantir uma maior certeza dos resultados. Neste estudo, e como já anteriormente referido, cada atleta realizou no mínimo 7 repetições, o que, tendo em conta o exposto, poderá conduzir a uma maior discrepância nos valores. No entanto, optou-se por considerar o número total de testes realizados, por se tratar de um estudo que envolve pessoas, todas com características físicas e morfológicas diferentes.

De facto, nesta fase, seria difícil decidir sobre quais os valores a dispensar, apesar de com a análise estatística se conseguirem identificar os que se encontram mais afastados. Esta metodologia seria a indicada se tivesse sido realizada uma análise estatística complexa, em que as atletas eram consideradas como uma única atleta. Neste caso, optou-se, conforme já referido, por uma análise estatística simples, pelo que todos os testes foram considerados. Além disso, como o que se pretende avaliar é o tipo de movimento, bem como a altura da época, não faria sentido eliminar valores por atleta.

Os testes realizados na primeira fase da época (novembro) estão identificados por T1 (Temporada 1), enquanto os referentes à segunda fase da época (março) são denominados por T2 (Temporada 2).

Avaliando os resultados da tabela 5.1 é possível aferir-se que, na generalidade, na primeira aquisição da época os valores são mais elevados do que os correspondentes para a segunda fase da época, apenas para o ressalto (RES) se verifica o contrário. No entanto, estatisticamente essas variações não são significativas, tendo em conta terem um valor de p superior a 0,05. Os movimentos que apresentam valores mais baixos de pressão plantar são os referentes ao RES, único movimento que não está relacionado com corrida. Em contrapartida, os valores mais elevados são os correspondentes aos arranques, ACB e ASB, movimentos que apresentam uma corrida ao longo de uma distância superior. De facto, a nível de distribuição das pressões plantares relacionadas com a prática desportiva, os estudos são, na sua grande generalidade, relacionados com movimentos dinâmicos em detrimento

dos estáticos. Assim, não havendo uma comparação clara entre ambos, o facto de os estudos incidirem sobretudo sobre os movimentos dinâmicos pode representar uma tendência de se observarem valores de VMPM mais elevados e, desta forma, com maior risco de lesões, neste tipo de movimentos.

Também as comparações entre pé direito e pé esquerdo, para os 5 movimentos em estudo, não apresentam diferenças estatisticamente significativas. Analisando apenas os VMPM, não se verifica uma igualdade entre as pressões exercidas no pé direito e pé esquerdo para todos os movimentos, isto é, existe alternância em relação ao pé que realiza maiores valores de VMPM, o que representa, de certa forma, um equilíbrio em relação aos dois pés na globalidade do jogo de basquetebol.

Tabela 5.1- VMPM e respetivo DP para todas as atletas e comparação estatística entre momentos de avaliação e lateralidade do pé.

		T1	T2	P
		$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	
ACB	Pé direito	401,6±71,66	393,01±103,5	0,314
	Pé esquerdo	419,7±61,2	396,6±88,3	0,173
P		0,374	0,953	
ASB	Pé direito	426,2±74,6	381,1±105,2	0,066
	Pé esquerdo	416,9±50,5	397,2±85,7	0,374
P		0,859	0,515	
LPD	Pé direito	383,6±46,4	375,4±70,6	0,484
	Pé esquerdo	357,1±59,6	360,5±85,2	0,263
P		0,314	0,484	
LPE	Pé direito	383,90±71,5	351,0±77,7	0,139
	Pé esquerdo	372,3±37,3	348,0±77,6	0,086
P		0,678	0,859	
RES	Pé direito	295,0±52,7	297,7±102,4	0,575
	Pé esquerdo	300,6±61,1	350,7±87,6	0,069
P		0,767	0,123	

Observam-se ligeiras diferenças entre T1 e T2, com decréscimo do valor no segundo momento de avaliação quando comparado com o primeiro que não revelam

significado estatístico e que podem ser justificadas. Na realidade, apesar de a técnica ir sendo melhorada e os movimentos realizados de forma mais correta, com o aumento do número de treinos, começa a observar-se um desgaste na sapatilha, que pode ter influência no desempenho do atleta. Identificam-se estudos de melhoria do calçado desportivo - [21], que verificaram que o uso de sapatilhas com uma sola intermédia, mais suave na região do antepé, pode ajudar a reduzir a pressão plantar das jogadoras de basquetebol. Ke *et. al.* [38], concluíram que o uso de calçado desportivo com sola macia pode reduzir o valor de pressão plantar, induzida durante a prática desportiva. O tipo de sola, e o seu estado, é bastante importante, não só para o conforto do atleta, mas também para aliviar a pressão induzida e deste modo diminuir a probabilidade de o atleta contrair lesões.

Na figura 5.3 ilustra-se a distribuição de pressão plantar, em representação por zonas e com visualização 3D, que permite avaliar a magnitude do valor de pressão plantar observado, considerando os 5 movimentos em T1 e T2, para uma atleta escolhida aleatoriamente. Refira-se que estes resultados são representativos dos avaliados para as restantes atletas. No Apêndice C expõe-se os resultados para outras 2 atletas, sendo uma mais experiente e outra menos experiente.

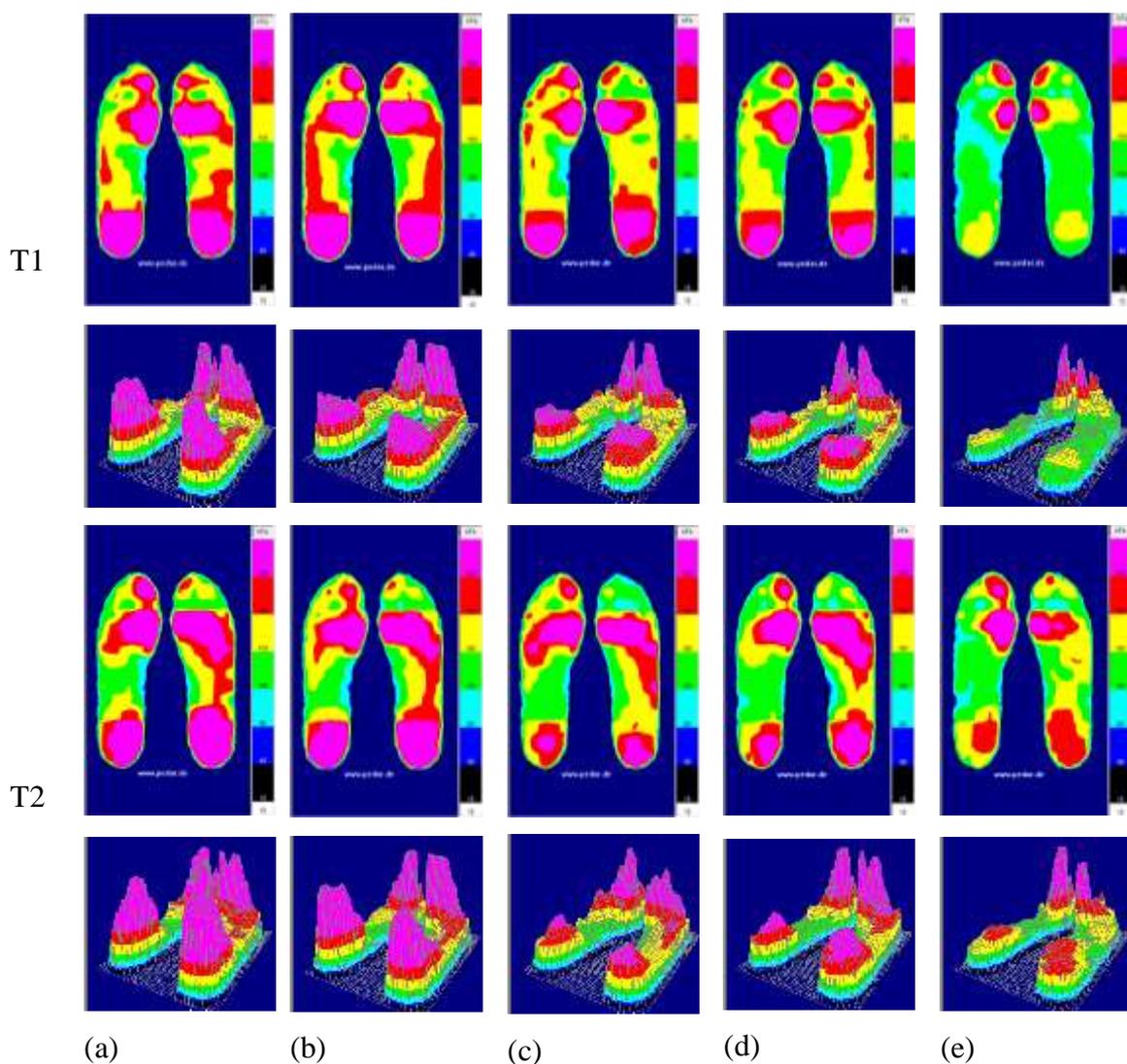


Figura 5.3. – Comparação da distribuição da pressão plantar para T1 e T2: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

Os resultados obtidos estão em conformidade com os de Sterzing *et. al.* [39], que verificaram que as zonas do pé mais solicitadas durante a corrida se identificam no retropé. Na figura 5.3 é notório que as zonas mais solicitadas são cumulativamente o retropé e o *hallux* (dedo grande do pé), exceção feita ao RES em que o *hallux* é claramente a zona mais solicitada. De acordo com Elis *et. al.* [40], os valores de pressão elevados em certas regiões do pé podem originar lesões significativas, valores na ordem dos 600 kPa para o retropé e antepé, e de 500 kPa para o *hallux* - valores não atingidos pelas atletas neste estudo, as quais podem ser diminuídas com um plano de treino estratégico, bem como com o uso de palmilhas ou calçado adequado. Wong *et. al.* [41], verificaram que com um desenvolvimento muscular adequado, o valor dos picos de pressão plantar podem ser reduzidos, diminuindo

o risco de aparecimento de lesões. De acordo com estes autores, durante o salto os maiores valores de pressão plantar ocorrem na zona do *hallux*. Pela figura 5.3 é possível verificar que nos movimentos que apresentam corrida associada (ACB, ASB, LPD e LPE) os valores elevados de pressão plantar são observados na zona do antepé, o que está de acordo com Kong *et. al.* [42].

De forma a confirmar e avaliar as possíveis diferenças entre os diversos movimentos avaliados neste estudo, foi primeiro realizado um teste não paramétrico de Friedman a fim de avaliar quais as comparações com valor estatisticamente significativo. Assim, na tabela 5.2 encontra-se o resultado das comparações entre os diferentes movimentos de basquetebol avaliados relativos a cada um dos pés, em ambas as alturas da época.

Tabela 5.2- Teste de Friedman para avaliar relações estatisticamente significativas.

	T1	T2
	MPP	MPP
Pé direito	<0,05	0,014
Pé esquerdo	<0,05	0,013

Através da tabela 5.2 é possível aferir que existe, de facto, uma relação estatisticamente significativa para todos os parâmetros referidos acima. Assim, torna-se pertinente realizar as relações estatísticas, de forma mais pormenorizada, para os 5 movimentos entre si. Desta forma vai ser possível verificar se existem diferenças entre os movimentos, bem como os movimentos em que as mesmas se verificam, tabela 5.3.

Tabela 5.3- Relações estatísticas dos movimentos entre si para: (a) T1; (b) T2.

Movimento	Pé	ASB	LPD	LPE	RES
ACB	PD	>0,05	>0,05	>0,05	0,046
	PE	>0,05	0,113	0,736	0,001
ASB	PD		>0,05	0,526	<0,05
	PE		0,113	0,736	0,001
LPD	PD			>0,05	0,006
	PE			>0,05	>0,05
LPE	PD				0,253
	PE				0,369

(a)

Movimento	Pé	ASB	LPD	LPE	RES
ACB	PD	>0,05	0,820	0,398	0,005
	PE	>0,05	0,177	0,177	0,820
ASB	PD		>0,05	>0,05	0,398
	PE		0,114	0,114	0,578
LPD	PD			>0,05	0,820
	PE			>0,05	>0,05
LPE	PD				>0,05
	PE				>0,05

(b)

Os resultados expostos na tabela 5.3 estão em conformidade com o verificado através da tabela 5.1, sendo o RES o movimento que apresenta maior discrepância em relação aos outros. Verifica-se também que de T1 para os T2 os valores se tornam mais uniformes entre si, havendo apenas uma relação com p inferior a 0,05- entre ACB e RES.

Como, de acordo com o anteriormente mencionado, o *DP* é bastante elevado, procedeu-se a uma nova análise, apenas em termos de \bar{X} e *DP* para identificar eventuais diferenças entre as atletas mais experientes e as menos experientes. O grupo de atletas mais experientes, com mais anos de prática, e tecnicamente mais avançadas, engloba as atletas

com ID 2, 3, 4, 5 e 9, sendo as restantes atletas consideradas no grupo das menos experientes, com ID 1, 6, 7 e 8, figura 5.4.

Através da figura 5.4. e da tabela 5.4. é possível constatar-se que a experiência e a técnica são fatores que podem ser relevantes na avaliação da pressão plantar, apesar de não terem valores estatisticamente significativos. Comparando os valores referentes às atletas mais e menos experientes, verifica-se que as mais experientes apresentam sempre maiores valores de VMPM do que as menos experientes, e menos simetria em relação ao pé direito e esquerdo, sendo que o pé direito apresenta maiores valores de VMPM. Relativamente às atletas menos experientes, identifica-se uma maior discrepância de valores, não sendo notório qual o pé dominante. O *DP* é inferior ao avaliado quando se considera o total das aquisições, como seria de esperar, por não haver tanta variabilidade entre valores ao se considerarem grupos de atletas por níveis de prática, ou seja, grupos mais homogêneos.

Em termos de movimento, os menores VMPM correspondem ao RES, confirmando o esperado, sendo que não se observa diferença significativa entre os restantes movimentos. Esta constatação pode ser justificada pelo facto do RES ser o único movimento que não tem corrida associada, a qual induz maiores valores de pressão plantar, de acordo com Kong *et. al.* [42].

Tabela 5.4- Tabelas com as relações estatísticas *p* para os 2 níveis de experiência para: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

Nível exp.	Pé Direito			Pé Esquerdo		
	T1 $\bar{X} \pm DP$ [kPa]	T2 $\bar{X} \pm DP$ [kPa]	<i>p</i>	T1 $\bar{X} \pm DP$ [kPa]	T2 $\bar{X} \pm DP$ [kPa]	<i>p</i>
1	447,04±62,31	463,22±76,57	0,5	449,00±49,34	442,85±85,43	0,686
2	344,94±28,34	305,25±47,81	0,068	383,08±59,29	383,08±59,29	0,068
<i>p</i>	0,068	0,068		0,068	0,068	

(a)

Nível exp.	Pé Direito			Pé Esquerdo		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]		$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	
1	473,89±42,13	450,08±89,31	0,345	445,57±23,37	429,64±91,27	0,893
2	366,50±42,76	294,79±32,14	0,144	381,02±54,64	356,57±56,20	0,144
<i>p</i>	0,068	0,068		0,068	0,068	

(b)

Nível exp.	Pé Direito			Pé Esquerdo		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]		$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	
1	409,47±42,13	401,54±76,70	0,893	368,40±52,51	397,60±74,30	0,043
2	351,24±29,32	331,71±33,18	0,285	343,04±72,96	298,58±71,83	0,593
<i>p</i>	0,144	0,109		0,144	0,109	

(c)

Nível exp.	Pé Direito			Pé Esquerdo		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]		$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	
1	426,80±66,47	397,37±74,24	0,500	397,16±25,31	396,25±63,12	0,500
2	330,37±29,14	293,09±26,36	0,068	341,16±23,09	287,69±45,07	0,068
<i>p</i>	0,068	0,068		0,068	0,068	

(d)

Nível exp.	Pé Direito			Pé Esquerdo		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]		$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	$\bar{X} \pm DP$ [kPa]	
1	328,56±44,01	355,69±82,20	0,686	312,18±69,91	388,56±92,00	0,043
2	252,97±24,55	200,94±26,56	0,109	286,22±54,06	287,68±18,90	<0,05
<i>p</i>	0,068	0,109		0,273	0,109	

(e)

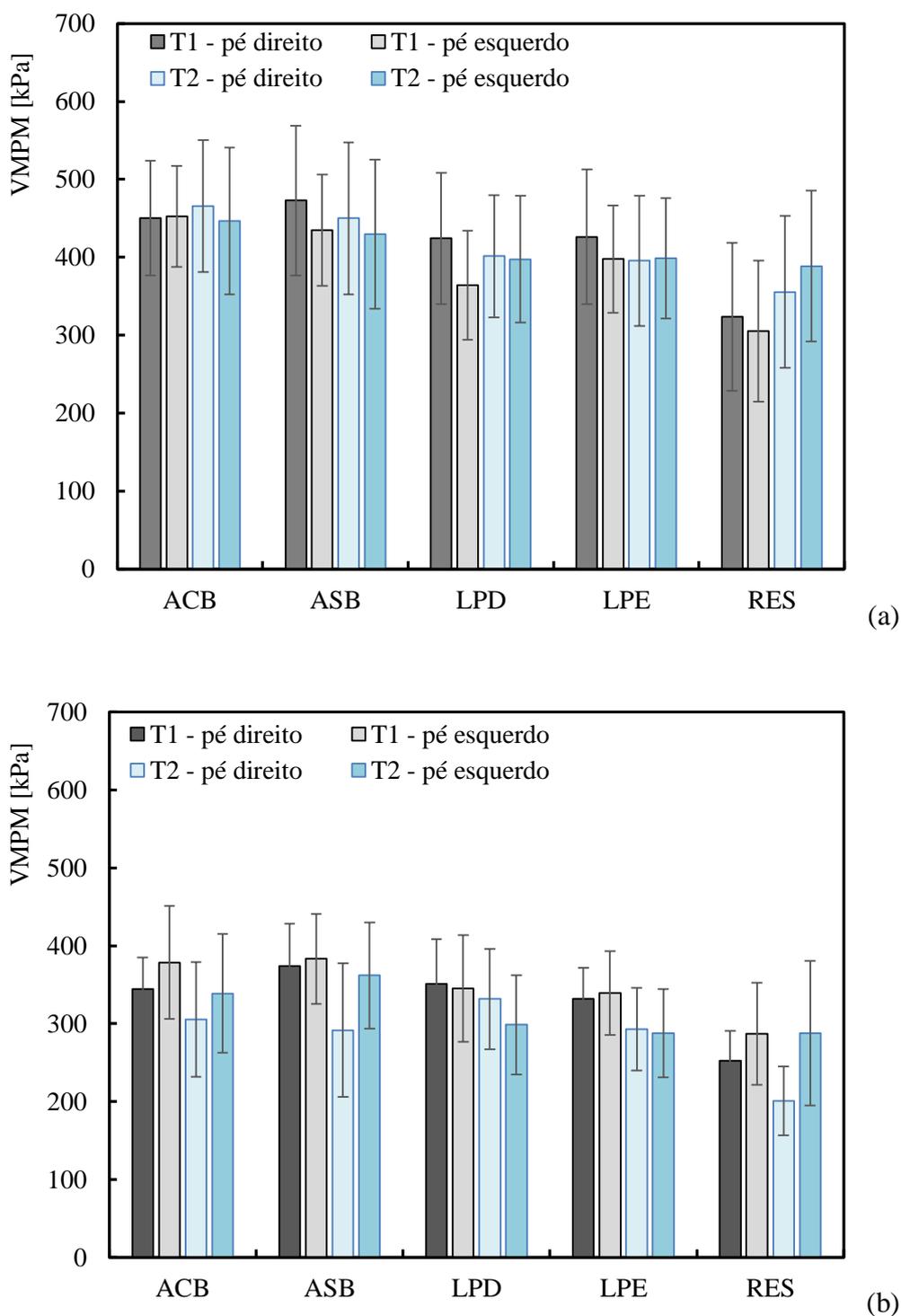


Figura 5.4. – VPMP para as atletas: (a) mais experientes; (b) menos experientes.

De acordo com Yu *et. al.* [43], a identificação da distribuição da pressão plantar pode ajudar os atletas e os respetivos treinadores na prevenção de ocorrência de lesões, por exemplo a nível muscular. Estas lesões podem ser originadas pelo elevado número de

repetições dos exercícios. Kong *et al.* [42] verificaram que a corrida normal e o *sprint* são os movimentos mais repetidos no basquetebol podendo originar pressões na ordem dos 360 kPa, referindo que hoje em dia existem vários estudos no sentido do desenvolvimento de calçado para praticantes de basquetebol, de forma a criar maior amortecimento na região do calcanhar, zona bastante solicitada durante a prática do basquetebol.

5.2. Eletromiografia

No presente subcapítulo, à semelhança do anterior, apresentam-se os resultados recolhidos através de EMG, para os 5 movimentos em estudo, nas duas fases da época escolhidas: novembro (T1) e março (T2).

A EMG, tal como referido no capítulo dois, pode avaliar diferentes parâmetros, tais como: raiz média quadrada (RMS), tempo de ativação (TA) e percentagem do pico máximo de contração em comparação com a máxima contração voluntária (% MVC). Para o estudo que se apresenta, tendo em conta o que se pretende avaliar e discutir, optou-se por avaliar apenas os parâmetros de TA e % MVC, correspondendo a uma variável temporal e uma variável de amplitude do sinal.

De acordo com P. Pakosz [44], seria de esperar uma diminuição nos tempos de ativação muscular da primeira para a segunda fase da época, tendo em conta a experiência e metodologias de treino adquiridas pelas atletas ao longo da época.

À semelhança do realizado para a pressão plantar, começou por se avaliar os movimentos individualmente, comparando apenas as duas alturas da época, tabela 5.5. Foi ainda relevante e necessário, nesta fase, separar os músculos em estudo, pois cada um tem uma resposta muscular diferente ao estímulo.

Tabela 5.5- \bar{X} e DP do tempo de ativação e da % MVC para todas as atletas, para: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

Musc.	TA			% MVC		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [s]	$\bar{X} \pm DP$ [s]		$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
GLE	0,84±0,42	0,92±0,72	0,953	0,83±0,15	0,87±0,07	0,441
GME	0,71±0,40	0,91±0,71	0,374	0,85±0,12	0,80±0,22	0,401
GLD	0,67±0,30	0,88±0,56	0,173	1,03±0,56	0,87±0,11	0,051
GMD	0,89±0,65	1,00±0,63	0,594	0,78±0,18	0,88±0,10	0,214
<i>p</i>	0,269	0,586		0,615	0,512	

(a)

Musc.	TA			% MVC		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [s]	$\bar{X} \pm DP$ [s]		$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
GLE	0,81±0,28	0,96±0,60	0,594	0,80±0,18	0,86±0,09	0,374
GME	0,77±0,23	0,88±0,55	0,767	0,82±0,11	0,88±0,11	0,025
GLD	0,67±0,20	0,95±0,50	0,110	0,77±0,18	0,86±0,10	0,025
GMD	0,79±0,29	0,88±0,55	0,859	0,78±0,14	0,88±0,09	0,173
<i>p</i>	0,506	0,145		0,865	0,698	

(b)

Musc.	TA			% MVC		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [s]	$\bar{X} \pm DP$ [s]		$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
GLE	0,66±0,17	0,73±0,37	0,678	0,73±0,22	0,84±0,07	0,441
GME	0,64±0,17	0,70±0,36	0,515	0,82±0,09	0,88±0,09	0,123
GLD	0,62±0,08	0,69±0,18	0,407	0,77±0,13	0,84±0,05	0,038
GMD	0,76±0,25	0,80±0,19	0,515	0,71±0,16	0,80±0,19	0,173
<i>p</i>	0,053	0,129		0,137	0,887	

(c)

Musc.	TA			% MVC		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [s]	$\bar{X} \pm DP$ [s]		$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
GLE	0,78±0,29	0,75±0,30	0,678	0,80±0,11	0,84±0,08	0,678
GME	0,76±0,24	0,83±0,21	0,767	0,84±0,09	0,85±0,10	0,953
GLD	0,66±0,23	0,74±0,22	0,260	0,84±0,08	0,87±0,05	0,214
GMD	0,67±0,17	0,81±0,35	0,441	0,85±0,08	0,88±0,10	0,767
<i>p</i>	0,068	0,706		0,959	0,823	

(d)

Musc.	TA			% MVC		
	T1	T2	<i>p</i>	T1	T2	<i>p</i>
	$\bar{X} \pm DP$ [s]	$\bar{X} \pm DP$ [s]		$\bar{X} \pm DP$	$\bar{X} \pm DP$	
GLE	0,80±0,95	0,71±0,17	0,314	0,81±0,11	0,73±0,11	0,260
GME	0,91±0,45	0,91±0,36	0,953	0,86±0,07	0,86±0,08	>0,05
GLD	0,86±0,35	0,84±0,25	0,594	0,80±0,15	0,82±0,10	0,594
GMD	0,94±0,32	0,84±0,17	0,953	0,81±0,17	0,78±0,27	0,594
<i>p</i>	0,269	0,392		0,644	0,512	

(e)

Através da tabela 5.5, pode-se identificar que as diferenças estatisticamente significativas entre T1 e T2 são praticamente inexistentes, verificando-se apenas para ASB e LPD. Observa-se também que, apesar de serem estudados 4 músculos diferentes, os mesmos não apresentam diferenças entre si.

Analisando individualmente o TA e % MVC, verifica-se que a evolução ao longo da época é oposta para ambas as variáveis. Ao passo que TA tende a verificar um ligeiro aumento de T2 em relação a T1, principalmente nos movimentos de arranque, a % MVC não é consensual para os 5 movimentos, nem para os 4 músculos. É, no entanto, para este parâmetro da % que se verificam as diferenças estatisticamente significativas. As mesmas surgem para o gastrocnémio medial esquerdo (GME) e gastrocnémio medial direito (GLD) para o movimento de ASB e apenas para o GLD no LPD.

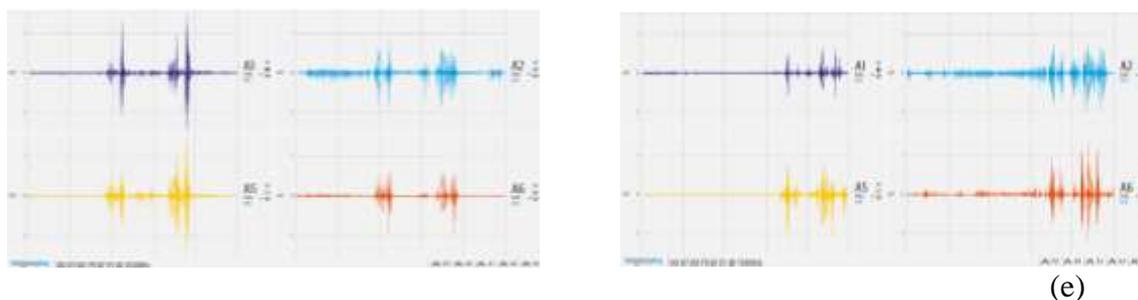


Figura 5.5. – Sinal de EMG em bruto para T1 e T2: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

Da tabela 5.5, auxiliada pela figura 5.5, observa-se que o RES é o movimento para o qual o sinal atinge os valores mais baixos, bem como é onde se verificam menos picos. Observa-se ainda que os movimentos de arranque, nomeadamente o ACB, são os que apresentam os valores de pico máximo mais elevados. Isto pode ser justificado pelo facto do RES, ao não ser realizado em situação real de jogo, ter um certo relaxe na execução do mesmo. Quanto ao ACB, ao ser um movimento de corrida com bola por uma longa distância, exige um esforço de concentração e foco superiores, o que pode levar a uma execução mais próxima do que acontece em jogo real, e mais correta, levando assim a valores superiores. Ainda, os movimentos associados a acelerações e desacelerações exigem um elevado recrutamento muscular.

No entanto, todos os movimentos apresentam valores semelhantes, o que torna relevante aferir se há ou não diferenças significativas entre os movimentos. Para tal, à semelhança do realizado no subcapítulo anterior, através dos testes não paramétricos de Friedman, verificou-se se havia de facto diferenças entre os 5 movimentos, bem como os músculos para os quais essas diferenças aconteciam, tabela 5.6.

Tabela 5.6- Teste de Friedman para avaliar relações estatisticamente significativas entre os diferentes movimentos basquetebolísticos em análise.

	T1		T2	
	TA	% MVC	TA	% MVC
GLE	0,795	0,554	0,165	0,132
GME	0,029	0,575	0,004	0,541
GLD	0,071	0,029	0,281	0,664
GMD	0,247	0,144	0,394	0,897

Através da tabela 5.6. conclui-se que os únicos músculos em que existem diferenças estatisticamente significativas são o GME e GLD, sendo desta forma justificável realizar uma comparação estatística apenas para estes 2 músculos. Além disso, enquanto que para o TA os dois músculos referidos apresentam um valor de p inferior a 0,05, para % MVC apenas GLD cumpre essa condição de significância.

Tendo em conta as condições definidas, foi realizada uma comparação para os 5 movimentos, de forma a aferir se existem de facto diferenças entre os músculos, tabela 5.7.

Tabela 5.7- Relações estatísticas p para: (a) T1; (b) T2.

Mov.	ASB		LPD		LPE		RES	
	TA	%MVC	TA	%MVC	TA	%MVC	TA	%MVC
ACB	GME	>0,05	>0,05		>0,05		0,073	
	GLD		>0,05	0,046		>0,05		0,171
ASB	GME		>0,05		>0,05		>0,05	
	GLD			>0,05		>0,05		>0,05
LPD	GME				>0,05		0,046	
	GLD					0,369		>0,05
LPE	GME						>0,05	
	GLD							>0,05

(a)

Mov.	ASB		LPD	LPE	RES
	TA	TA	TA	TA	TA
ACB	GME	>0,05	0,526	>0,05	0,736
ASB	GME		0,526	>0,05	0,736
LPD	GME			0,046	0,002
LPE	GME				>0,05

(b)

Contrariamente ao que era expectável, perante a análise da figura 5.5, a tabela 5.7 mostra que as diferenças significativas entre os movimentos ocorrem apenas entre LPD e LPE para T2, e LPD e RES para ambos os tempos e para a variável TA. Quanto à % MVC, esta varia apenas entre ACB e LPD para T1, enquanto para T2 não se identificam diferenças estatisticamente significativas entre os movimentos, como já tinha sido referido na análise à tabela 5.6.

Apesar da diferença ser quase inexistente, em T1 praticamente todos os valores de p são superiores a 0,05, concluindo-se que para esta altura da época e em comparação com T2, os valores de EMG eram mais homogêneos entre movimentos.

De acordo com P. Pakosz [44], atletas mais experientes têm menores tempos de ativação, dado executarem os movimentos de forma mais rápida e mecanizada, quando em comparação com atletas menos experientes. De forma semelhante ao realizado para a pressão plantar, as atletas foram divididas nos mesmos 2 grupos, de acordo com a experiência na modalidade, tabela 5.8. A comparação entre os grupos, consoante a experiência das atletas, foi realizada para as duas alturas da época (T1 e T2), no entanto foi considerada apenas a variável do TA.

Tabela 5.8- Tabelas com as relações estatísticas p para os 2 níveis de experiência para o TA em:

(a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

Musc.	T1			T2		
	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	p	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	p
GLE	0,997±0,54	0,657±0,07	0,465	0,683±0,2	1,218±1,06	0,465
GME	0,855±0,50	0,519±0,06	0,273	0,737±0,25	1,131±1,06	0,715
GLD	0,685±0,31	0,645±0,34	0,715	0,669±0,21	1,134±0,79	0,068
GMD	1,096±0,82	0,627±0,22	0,068	0,861±0,29	1,183±0,93	0,715

(a)

Musc.	T1			T2		
	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	p	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	p
GLE	0,851±0,36	0,75±0,18	0,273	0,848±0,33	1,099±0,87	0,715
GME	0,894±0,15	0,621±0,24	0,068	0,797±0,3	0,975±0,81	0,715
GLD	0,78±0,2	0,55±0,13	0,144	0,881±0,18	1,039±0,78	>0,05
GMD	0,985±0,24	0,547±0,09	0,068	0,693±0,15	1,114±0,8	0,715

(b)

Musc.	T1			T2		
	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	<i>p</i>	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	<i>p</i>
GLE	0,746±0,18	0,55±0,08	0,068	0,636±0,04	0,837±0,58	0,715
GME	0,745±0,16	0,501±0,05	0,068	0,634±0,09	0,781±0,57	0,715
GLD	0,671±0,06	0,547±0,05	0,068	0,652±0,13	0,727±0,24	0,715
GMD	0,89±0,26	0,587±0,05	0,068	0,721±0,12	0,713±0,25	0,715

(c)

Musc.	T1			T2		
	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	<i>p</i>	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	<i>p</i>
GLE	0,897±0,36	0,643±0,05	0,465	0,673±0,06	0,838±0,47	0,715
GME	0,864±0,28	0,634±0,11	0,273	0,795±0,13	0,863±0,31	0,715
GLD	0,773±0,27	0,521±0,05	0,273	0,766±0,27	0,713±0,19	0,273
GMD	0,724±0,18	0,598±0,16	0,465	0,743±0,31	0,885±0,42	0,715

(d)

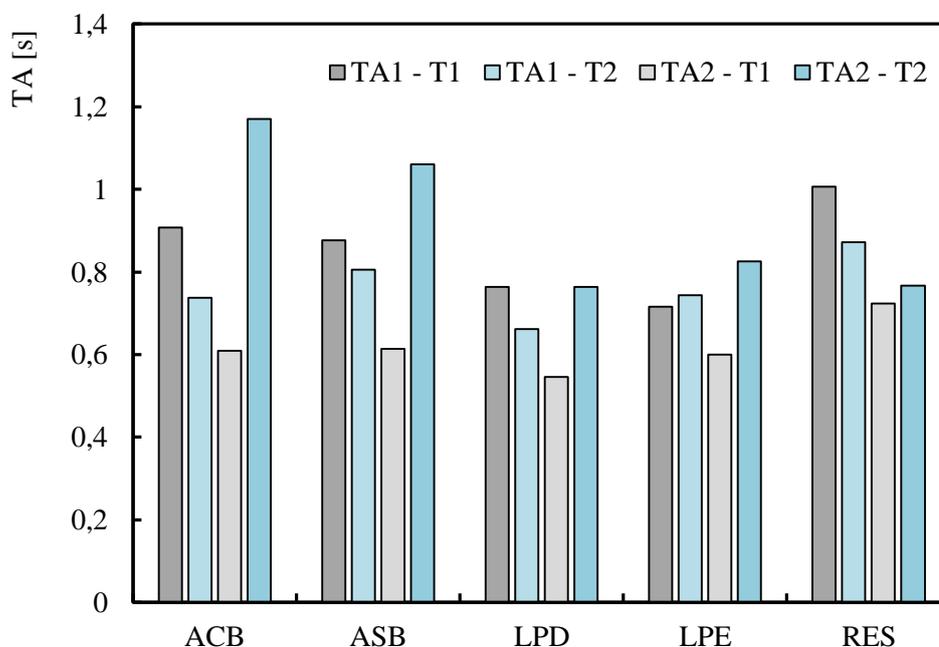
Musc.	T1			T2		
	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$ [s]	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	<i>p</i>	Nível exp. 1 $\bar{X} \pm DP$	Nível exp. 2 $\bar{X} \pm DP$ [s]	<i>p</i>
GLE	0,922±0,4	0,652±0,22	0,715	0,793±0,17	0,61±0,14	0,068
GME	1,093±0,55	0,69±0,1	0,465	1,025±0,46	0,761±0,11	0,715
GLD	0,989±0,43	0,706±0,14	0,465	0,876±0,34	0,796±0,09	0,465
GMD	1,021±0,42	0,846±0,105	0,715	0,795±0,22	0,902±0,07	0,465

(e)

Através da tabela 5.8 observa-se que, tanto para T1 como para T2, não se verificam diferenças estatisticamente significativas entre o grupo de atletas mais e menos experientes. Assim, apesar de P. Pakosz [44], afirmar que atletas mais experientes tendem a ter TA menores, pelo facto de executarem os movimentos com mais rapidez, o mesmo não se verifica neste estudo. Isto pode ser verificado pelo facto de o grupo ter, na sua globalidade, um nível de experiência na modalidade considerado elevado.

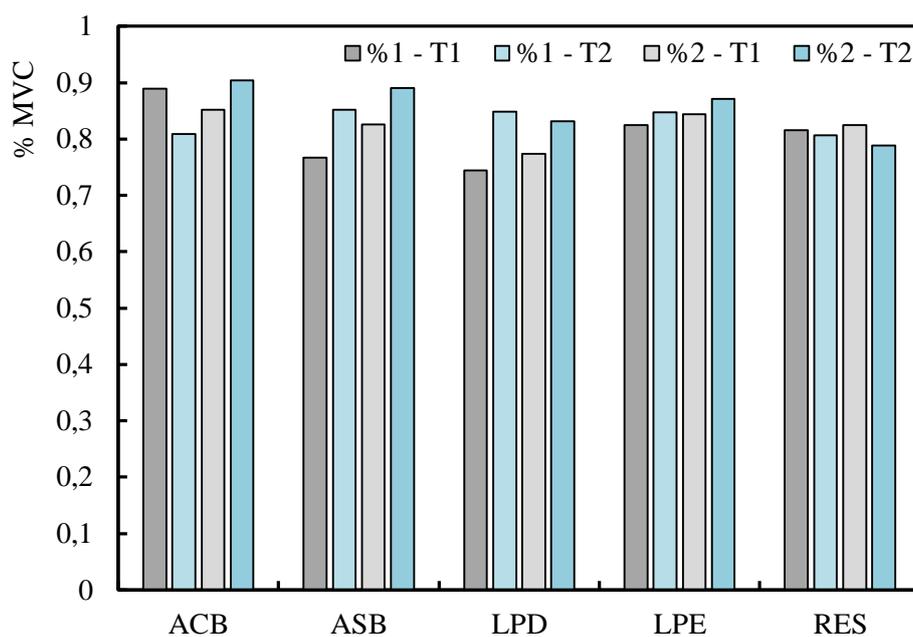
Comparando os movimentos individualmente, o movimento para o qual a discrepância entre grupos é maior é o LPD, para a primeira aquisição – T1. Para T2 os movimentos de ASB, LPD e LPE são os que apresentam diferenças entre os grupos menores. Isto pode ser justificado por estes serem os três movimentos que exigem maior rigor técnico devido a ter de existir uma maior coordenação motora entre a corrida e o controlo da bola e, sendo T2 numa altura mais avançada da época, todas as atletas foram sujeitas à mesma carga e tipo de treino, o que fez com que houvesse uma uniformização do grupo neste aspeto.

Avaliando individualmente – para T1 e T2, a evolução dos níveis de experiência ao longo da época, a diferença é notória. Ao passo que para as atletas mais experientes há um decréscimo nos valores de T1 para T2 para todos os movimentos, para as atletas com menos experiência verifica-se o oposto, verificando-se os valores mais elevados em T2. Para comprovar e entender melhor esta evolução, na figura 5.6 apresentam-se gráficos representativos da evolução, nesta fase das variáveis, para os dois grupos, nas duas alturas da época, sendo T1 correspondente aos testes de novembro e T2 correspondente aos testes de março. Os dois grupos, de acordo com a experiência, são: 1- grupo mais experiente, 2- grupo menos experiente.



Legenda: TA1 – TA para o grupo 1; TA2 – TA para o grupo 2.

(a)



Legenda: %1 – % MVC para o grupo 1; %2 – % MVC para o grupo 2.

(b)

Figura 5.6. – Comparação entre T1 e T2 para as atletas mais e menos experientes da variável:

(a) TA; (b) % MVC.

Através da figura 5.6 identificam-se diferenças entre as duas variáveis. Enquanto para a % MVC de ativação muscular os valores são muito semelhantes entre si, para todos os movimentos, para o TA as variações são grandes em todos os movimentos. Comparando os níveis de experiência, em T1, o grupo das jogadoras mais experientes tem sempre valores superiores, o que vai ao encontro dos resultados obtidos por P. Pakosz [44]. Em T2 ocorre o contrário, verificando-se valores de TA superiores para o grupo de jogadoras mais experientes em todos os movimentos, à exceção do RES em que ocorre o contrário.

5.3. Análise comparativa

Após a análise de VMPPM e EMG de modo separado, foi implementada uma análise comparativa entre os 2 tipos de estudo. Para tal, foram usados os valores médios para cada movimento em cada altura da época, T1 e T2, para VMPPM e TA. Quanto à % MVC, tendo em conta a mesma não ter tido grandes diferenças entre movimentos e tempos, não se torna relevante comparar com os valores da pressão plantar.

Esta comparação está exposta na figura 5.7, que apresenta as diferenças entre os valores para os 5 movimentos em estudo.

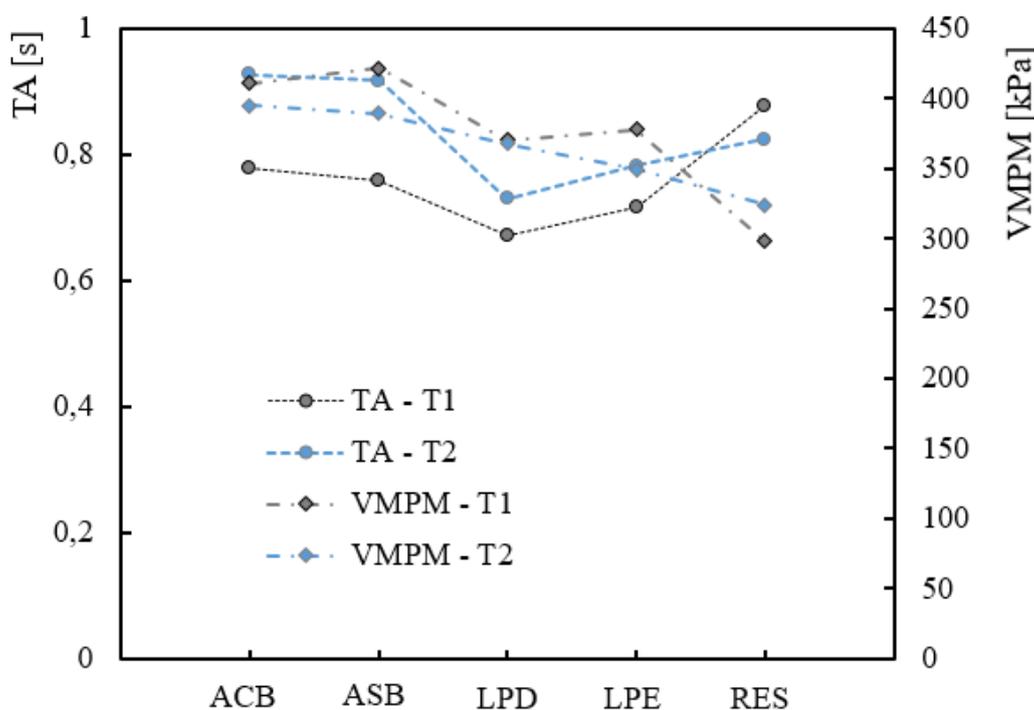


Figura 5.7. – Comparação entre VPMV e TA para T1 e T2.

Através da figura 5.7 é possível observar que o RES diverge do padrão dos outros resultados, tal como já referido nos subcapítulos anteriores. Comparando os restantes movimentos, enquanto VMPPM tende a diminuir com o avançar da época em estudo (de T1 para T2), TA tem o comportamento oposto, aumentando de T1 para T2.

Através da análise da figura 5.7, pode-se concluir que se identifica um registo semelhante entre todos os movimentos, à exceção do RES, único que não tem corrida associada. Em todos os outros, uma diminuição no VMPPM conduz a TA maiores, ao longo

da época, ou seja, com o aumento da prática e com o ganho de rotinas e ritmo de treino, bem como de experiência. Assim, através desta análise é possível afirmar que há uma tendência para, com o aumento da prática desportiva, haver uma inibição dos valores de pressão plantar registados e um aumento da resposta muscular, tendo valores de TA superiores.

5.4. Limitações ao estudo

Este estudo, como na generalidade dos estudos deste género, tem algumas limitações associadas. O mesmo, ao ser realizado em seres humanos e em âmbito de treino desportivo, leva naturalmente à existência de transpiração associada ao movimento, podendo interferir com os elétrodos de EMG. Tal como a transpiração, nunca é conseguida uma ausência total de ruído no sinal, bem como os elétrodos usados não apresentam uma elevada gama de variação de sinal, limitando o mesmo a um valor máximo de 1,5 mV.

Ao nível do sistema Pedar-x, este apenas apresenta uma variedade de 5 tamanhos de palmilhas o que, naturalmente, não apresenta palmilhas especificamente adequados ao pé de cada atleta. Ainda, com o repetido uso as palmilhas podem perder um pouco de sensibilidade ao nível dos sensores.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo resume de uma forma clara e sucinta as conclusões retiradas ao longo da dissertação, tentando identificar as alterações ao longo da época desportiva relativamente à distribuição da pressão plantar e à atividade muscular dos membros inferiores, em diferentes movimentos associados à prática do basquetebol.

Do ponto de vista pessoal, com este estudo a autora adquiriu e aprofundou conhecimentos no domínio da biomecânica, uma área que até então pouco conhecia. O facto desta área conciliar a engenharia mecânica com a saúde e o desporto, permitiu também alargar os conhecimentos científicos sobre estes domínios, principalmente no contexto da saúde. O estudo permitiu também a aquisição de competências ao nível da manipulação de sistemas de aquisição de dados, bem como de software associado à sua manipulação e ao tratamento estatístico de dados, nomeadamente do IBM SPSS *Statistics*.

6.1. Conclusões

A análise à distribuição da pressão plantar mostra valores superiores para T1 em todos os movimentos, à exceção do RES, em que os valores de T2 foram superiores. No entanto, de acordo com o estudo estatístico realizado, as diferenças entre T1 e T2 não representam valores com significância estatística, podendo ser referido que ao longo da época, apesar de haver ligeiro decréscimo nos valores médios de pressão máxima (VMPPM) verificados, o mesmo não é significativo.

Comparando os 5 movimentos entre si, apenas se verificaram diferenças entre ACB e RES, em T1 e T2, e ASB e RES e LPD e RES para o T1, confirmando assim, uma vez mais, que o RES é o movimento que induz VMPPM inferiores. Este movimento é o único dos 5 realizados que não tem corrida associada ao mesmo, podendo ser este um fator de diferenciação.

Quanto ao estudo comparativo entre os 2 níveis de experiência, e à semelhança do verificado para a comparação entre T1 e T2, apesar do grupo de atletas mais experientes

apresentar valores de VMPM superiores, a diferença não apresentou valores estatisticamente significativos.

Para a eletromiografia, e à semelhança da distribuição da pressão plantar, as diferenças entre T1 e T2 não apresentam valores estatisticamente significativos. Apesar disto, para o tempo de ativação (TA) os valores são superiores em T2 quando comparados com T1, ao passo que % MVC tem uma evolução semelhante a VMPM, apresentando valores superiores em T1. Quando comparados os 4 músculos em estudo, concluiu-se que não existem diferenças entre eles, nem para o TA nem para % MVC.

Comparando os 5 movimentos, para as duas variáveis – TA e % MVC, apresentam-se resultados diferentes. Ao passo que para % os valores são semelhantes em todos os movimentos, para TA identificam-se diferenças entre 3 movimentos, em T1. Assim, pode-se afirmar que em T2, altura mais avançada da época, os movimentos apresentam dados de EMG mais homogêneos e semelhantes entre si.

Comparando os 2 grupos consoante a experiência para a variável do TA, concluiu-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, no entanto, as jogadoras mais experientes apresentam uma diminuição nos valores de T1 para T2, enquanto que o grupo com menos experiência apresenta maiores valores em T2. Verifica-se ainda que o LPD, para T1, é o movimento com maior discrepância de valores entre os grupos. Na variável da % MVC, os valores são bastantes semelhantes entre grupos e considerando T1 e T2.

Comparando VMPM e TA, os mesmos apresentam evoluções diferentes com o avançar da época em todos os movimentos, à exceção do RES. Assim, pode-se concluir que valores de VMPM superiores estão associados a TA muscular inferiores.

6.2. Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, e tendo em conta ser um tema interessante para diversas áreas, nomeadamente e para além da engenharia mecânica, a área da saúde e do desporto, o mesmo pode ser abordado de diversas maneiras.

Na área da engenharia podem ser realizados testes com sapatilhas de solas diferentes, avaliando o efeito que as mesmas têm no atleta, bem como o desgaste que ocorre na sola ao longo da época. Aliado a este estudo, pode também ser realizada uma comparação entre sapatilhas de passeio e sapatilhas de basquetebol, aferindo uma vez a influência da sola

das mesmas no desempenho do atleta através da realização dos mesmos testes, mas com ambas as sapatilhas. Por fim, avaliar a influência que o tipo de solo tem no comportamento da atleta, realizando testes comparativos entre pavilhões como pisos diferentes.

Para a saúde, de forma a ajudar na prevenção e avaliação de lesões, pode-se realizar uma comparação entre atletas com e sem lesões, bem como uma avaliação contínua em relação ao efeito das lesões crónicas. Podem, naturalmente, ser realizados estudos de eletromiografia para músculos diferentes dos gastrocnémios.

Do ponto de vista desportivo, pode ser realizada a comparação entre a fase inicial da época e uma fase após treinos intensivos e específicos, bem como realizar o mesmo estudo em atletas de alto rendimento. Assim, pode ser feita uma análise da influência do treino específico no comportamento físico do atleta. Pode-se ainda filmar a aquisição de dados, a fim de avaliar o comportamento biomecânico da atleta em função das linhas corporais.

Por fim, e do ponto de vista global, acrescentar ao mesmo estudo uma análise das vibrações induzidas no sistema mão-braço nos movimentos em que é utilizada a bola. Pode ainda ser realizada uma comparação ao longo da época realizando testes com mais frequência e não apenas em 2 alturas da época, bem como realizar o mesmo estudo para movimentos diferentes do basquetebol, como por exemplo o lançamento a diferentes distâncias da tabela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] U. S. Anne M Gilroy, Brian R MacPherson, Michael Schuenke, Erik Schulte, *Atlas of anatomy*. .
- [2] M. Frank H. Netter, *Atlas of Human Anatomy*. .
- [3] M. N. Erin Ody, *Anatomy and Physiology For Dummies*. .
- [4] João Páscoa Pinheiro, Carla Gomes, Beatriz Gomes “Texto de Apoio de Cinesiologia I e II.” 2010.
- [5] Rod R. Seeley, Philip Tate, Trent D. Stephens, *Anatomia & Fisiologia*. 2011.
- [6] E. Mec, L. O. Sim, P. Pinto, D. Luis, and M. Ferreira, “Análise e Quantificação de Imagens Pedobarográficas em Patologias do Hallux Valgus,” 2016.
- [7] A. K. Buldt, J. J. Allan, K. B. Landorf, and H. B. Menz, “The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: A systematic review,” *Gait Posture*, vol. 62, no. July 2017, pp. 56–67, 2018.
- [8] P. C. Bjarkman, *The Biographical History of Basketball*. 1999.
- [9] J. A. et al. R. Dick, E. L. Sauers, “Descriptive epidemiology of collegiate men’s baseball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 Through 2003-2004,” *J. Athl. Train.*, vol. 42, no. 2, pp. 183–193, 2007.
- [10] L. L. Michell Rat, *O Basquetebol: As Regras, A Técnica, A Prática*. 1999.
- [11] A. P. Ferreira, *Basquetebol: Ensinar e aprender o jogo*. 2019.
- [12] C. N. Jerry Krause, *Basketball skills & drills*. 2019.
- [13] A. Caselli, A.; Pham, H.; Giurini, J.M.; Armstrong, D.G.; Veves, “The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration.,” *Diabetes Care*, vol. 25, pp. 1066–1071, 2002.
- [14] B. Nieuwboer, A.A.; Weerdt, W.D.; Dom, R.; Peeraer, L.; Lesaffre, E.; Hilde, F.; Baunach, “Plantar force distribution in parkinsonian gait. A comparison oetween patients and age-matched control subjects.,” *Scand. J. Rehabil. Med.*, vol. 31, pp. 185–192, 1999.

- [15] E. M. Kimmeskamp, S.; Hennig, “Heel to toe motion characteristics in parkinson patients during free walking,” *Clin. Biomech.*, vol. 16, pp. 806–812, 2001.
- [16] G. M. Hodge, M.C.; Bach, T.M.; Carter, “Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumatoid arthritis,” *Orthotic Manag. plantar Press. pain Rheum. arthritis. Clin. Biomech.*, vol. 14, pp. 567–575, 1999.
- [17] J. Van der Leeden, M.; Steultjens, M.; Dekker, J.H.M.; Prins, A.P.A.; Dekker, “Forefoot joint damage, pain and disability in rheumatoid arthritis patients with foot complaints: The role of plantar pressure and gait characteristics,” *Rheumatology*, vol. 45, pp. 465–469., 2006.
- [18] L. Wafai, A. Zayegh, J. Woulfe, S. Mahfuzul, and R. Begg, “Identification of foot pathologies based on plantar pressure asymmetry,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 15, no. 8, pp. 20392–20408, 2015.
- [19] M. J. Mueller, D. Zou, and D. J. Lott, “‘Pressure gradient’ as an indicator of plantar skin injury,” *Diabetes Care*, vol. 28, no. 12, pp. 2908–2912, 2005.
- [20] T. Melai *et al.*, “Calculation of plantar pressure time integral, an alternative approach,” *Gait Posture*, vol. 34, no. 3, pp. 379–383, 2011.
- [21] W. K. Lam, W. X. Ng, and P. W. Kong, “Influence of shoe midsole hardness on plantar pressure distribution in four basketball-related movements,” *Res. Sport. Med.*, vol. 25, no. 1, pp. 37–47, 2017.
- [22] R. Subbu, R. Weiler, and G. Whyte, “The practical use of surface electromyography during running: Does the evidence support the hype? A narrative review,” *BMJ Open Sport Exerc. Med.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–12, 2015.
- [23] E. Onarici Gungor, A. R. Soylu, H. Ertan, and A. O. Cerrah, “Muscular activation differences between professional and amateur soccer players during countermovement jump,” *Turkish J. Sport Exerc.*, vol. 16, no. 2, pp. 51–51, 2014.
- [24] G. Wulf, J. S. Dufek, L. Lozano, and C. Pettigrew, “Increased jump height and reduced EMG activity with an external focus,” *Hum. Mov. Sci.*, vol. 29, no. 3, pp. 440–448, 2010.
- [25] Z. Taha, C. M. Lee, N. U. Ahamed, S. Joseph, and S. F. S. Omar, “Performance Analysis in Strength Training: An Innovative Instrumentation,” *Procedia Eng.*, vol. 147, pp. 455–460, 2016.

-
- [26] A. J. Farber, J. S. Smith, R. S. Kvitne, K. J. Mohr, and S. S. Shin, “Electromyographic analysis of forearm muscles in professional and amateur golfers,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 37, no. 2, pp. 396–401, 2009.
- [27] M. Fajardo, “Estudo eletromiografico do deltóide anterior em jogadoras de basquetebol durante o arremesso de lance livre Material e métodos,” pp. 8–11, 2007.
- [28] H. Żukowska, D. Krygowski, M. Szark-Eckardt, and M. Zając, “Flexibility Program among Lower Secondary School Students and Physical Fitness Indicators Assessed in the Convention of Health-related Fitness (H-RF),” *Cent. Eur. J. Sport Sci. Med.*, vol. 15, no. 3, pp. 65–72, 2016.
- [29] H. Matthew and O. Gretchen, “Muscle Activation Patterns in Wheelchair Basketball Athletes with and without Physical Disability,” *Int. J. Physiatry*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [30] J. Agel *et al.*, “Descriptive Epidemiology of Collegiate Women’S Basketball Injuries.Pdf,” vol. 42, no. 2, pp. 202–210, 2007.
- [31] M. Moriguchi, N. Maeshige, M. Ueno, Y. Yoshikawa, H. Terashi, and H. Fujino, “Modulation of plantar pressure and gastrocnemius activity during gait using electrical stimulation of the tibialis anterior in healthy adults,” *PLoS One*, vol. 13, no. 5, pp. 1–12, 2018.
- [32] R. M. Koldenhoven, M. A. Feger, J. J. Fraser, S. Saliba, and J. Hertel, “Surface electromyography and plantar pressure during walking in young adults with chronic ankle instability,” *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 24, no. 4, pp. 1060–1070, 2016.
- [33] S. Mineta, T. Inami, R. Mariano, and N. Hirose, “High lateral plantar pressure is related to an increased tibialis anterior/fibularis longus activity ratio in patients with recurrent lateral ankle sprain,” *Open Access J. Sport. Med.*, vol. Volume 8, pp. 123–131, 2017.
- [34] R. Weist, E. Eils, and D. Rosenbaum, “The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures,” *Am. J. Sports Med.*, vol. 32, no. 8, pp. 1893–1898, 2004.
- [35] A. H. Abdul Razak, A. Zayegh, R. K. Begg, and Y. Wahab, “Foot plantar pressure measurement system: A review,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 12, no. 7, pp. 9884–9912, 2012.
-

- [36] A. M. Tan, F. K. Fuss, Y. Weizman, Y. Woudstra, and O. Troynikov, "Design of Low Cost Smart Insole for Real Time Measurement of Plantar Pressure," *Procedia Technol.*, vol. 20, no. July, pp. 117–122, 2015.
- [37] S. S. Zulkifli and W. P. Loh, "A state-of-the-art review of foot pressure," *Foot Ankle Surg.*, 2018.
- [38] S. Ke, H. Xie, G. Sun, and J. Li, "Study on Impact of Hardness of Sole on Force on Feet during Active Falling," vol. 199, no. Saeme, pp. 361–371, 2018.
- [39] T. Sterzing, C. Frommhold, and D. Rosenbaum, "In-shoe plantar pressure distribution and lower extremity muscle activity patterns of backward compared to forward running on a treadmill," *Gait Posture*, vol. 46, pp. 135–141, 2016.
- [40] E. Eils, M. Streyll, S. Linnenbecker, L. Thorwesten, K. Völker, and D. Rosenbaum, "Characteristic Plantar Pressure Distribution Patterns during Soccer-Specific Movements," *Am. J. Sports Med.*, vol. 32, no. 1, pp. 140–145, 2004.
- [41] P. L. Wong, K. Chamari, W. M. De, U. Wisløff, and Y. Hong, "Higher plantar pressure on the medial side in four soccer-related movements," *Br. J. Sports Med.*, vol. 41, no. 2, pp. 93–100, 2007.
- [42] P. W. Kong, W. K. Lam, W. X. Ng, L. Aziz, and H. F. Leong, "In-Shoe Plantar Pressure Profiles in Amateur Basketball Players <inf>Implications for Footwear Recommendations and Orthosis Use</inf>," *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.*, vol. 108, no. 3, pp. 215–224, 2018.
- [43] B. Yu *et al.*, "Effects of Wearing Foot Orthosis With Medial Arch Support on the Fifth Metatarsal Loading and Ankle Inversion Angle in Selected Basketball Tasks," *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.*, vol. 37, no. 4, pp. 186–191, 2007.
- [44] P. Pakosz, "EMG signal analysis of selected muscles during shots and passes in basketball," no. January 2011, 2015.

WEBGRAFIA

https://pt.wikipedia.org/wiki/Basquetebol_em_Portugal, acessido a 01/02/2019;

<http://demotu.org/pubs/emg.pdf>, acessido a 19/02/2019;

<https://shapeamerica.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640419308730010#>.

XGwaW-j7TIU, acessido a 19/02/2019;

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/001401300750004159>, acessido a 19/02/2019;

<https://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/1758-2555-3-14>, acessido a 19/02/2019;

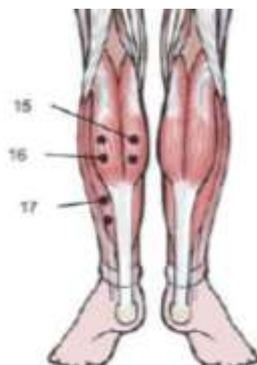
<https://www.todamateria.com.br/basquetebol/>, acessido a 25/02/2019;

<https://ahistoria.info/historia-do-basquetebol/>, acessido a 26/02/2019;

https://www.google.com/search?rlz=1C1WPZC_enPT805PT805&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=8a2XMDzCIikaerMjYgN&q=basketball+court+dimension&oq=basket&gs_l=img.3.0.35i39j0l2j0i6715j0j0i67.97158.98222..99658...0.0..0.79.425.6.....1....1..gws-wiz-img.554Kd3lQRX4#imgrc=b4d4gsRvkQtDYM:, acessido a 27/02/2019;

<https://www.biosignalsplux.com/en/explorer/>, acessido a 08/06/2019.

APÊNDICE A



Legenda: 15- Gastrocnémio Medial Direito
16 – Gastrocnémio Lateral Direito

Figura A1 – Representação dos músculos em estudo com legenda.

Tabela A1 – Canais respetivos a cada músculo.

Músculo	Canal
Gastrocnémio Lateral Esquerdo (GLE)	A1
Gastrocnémio Medial Esquerdo (GME)	A2
Gastrocnémio Lateral Direito (GLD)	A5
Gastrocnémio Medial Direito (GMD)	A6

APÊNDICE B

Tabela B1 – Aleatorização para a sequência de movimentos do protocolo de testes.

<i>ATLETA</i>	<i>1º Mov.</i>	<i>2º Mov.</i>	<i>3º Mov.</i>	<i>4º Mov.</i>	<i>5º Mov.</i>
<i>01</i>	ASB	LPD	RES	ACB	LPE
<i>02</i>	LPE	ASB	LPD	RES	ACB
<i>05</i>	LPD	RES	ACB	LPE	ASB
<i>06</i>	ASB	LPD	RES	ACB	LPE
<i>07</i>	LPE	ASB	LPD	RES	ACB
<i>08</i>	ACB	LPE	ASB	LPD	RES
<i>09</i>	RES	ACB	LPE	ASB	LPD
<i>10</i>	LPD	RES	ACB	LPE	ASB
<i>11</i>	ASB	LPD	RES	ACB	LPE

APÊNDICE C

Nas figuras C1 e C2 estão representadas imagens da pressão plantar, considerando T1 e T2, e 2 atletas com experiências diferentes, para os 5 movimentos em estudo.

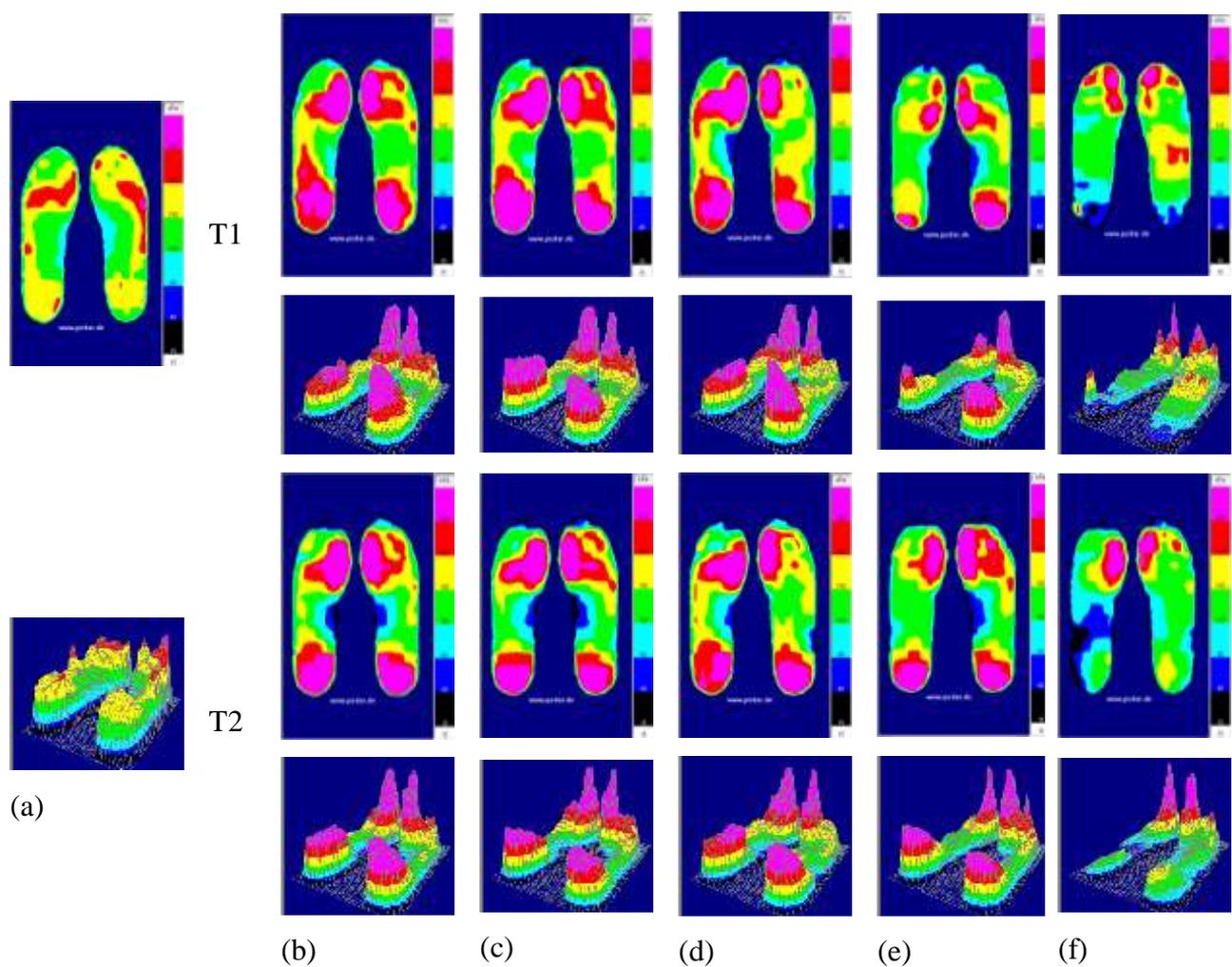


Figura C1 – Comparação da distribuição da pressão plantar para uma atleta mais experiente, T1 e T2: (a) Normal; (b) ACB; (c) ASB; (d) LPD; (e) LPE; (f) RES.

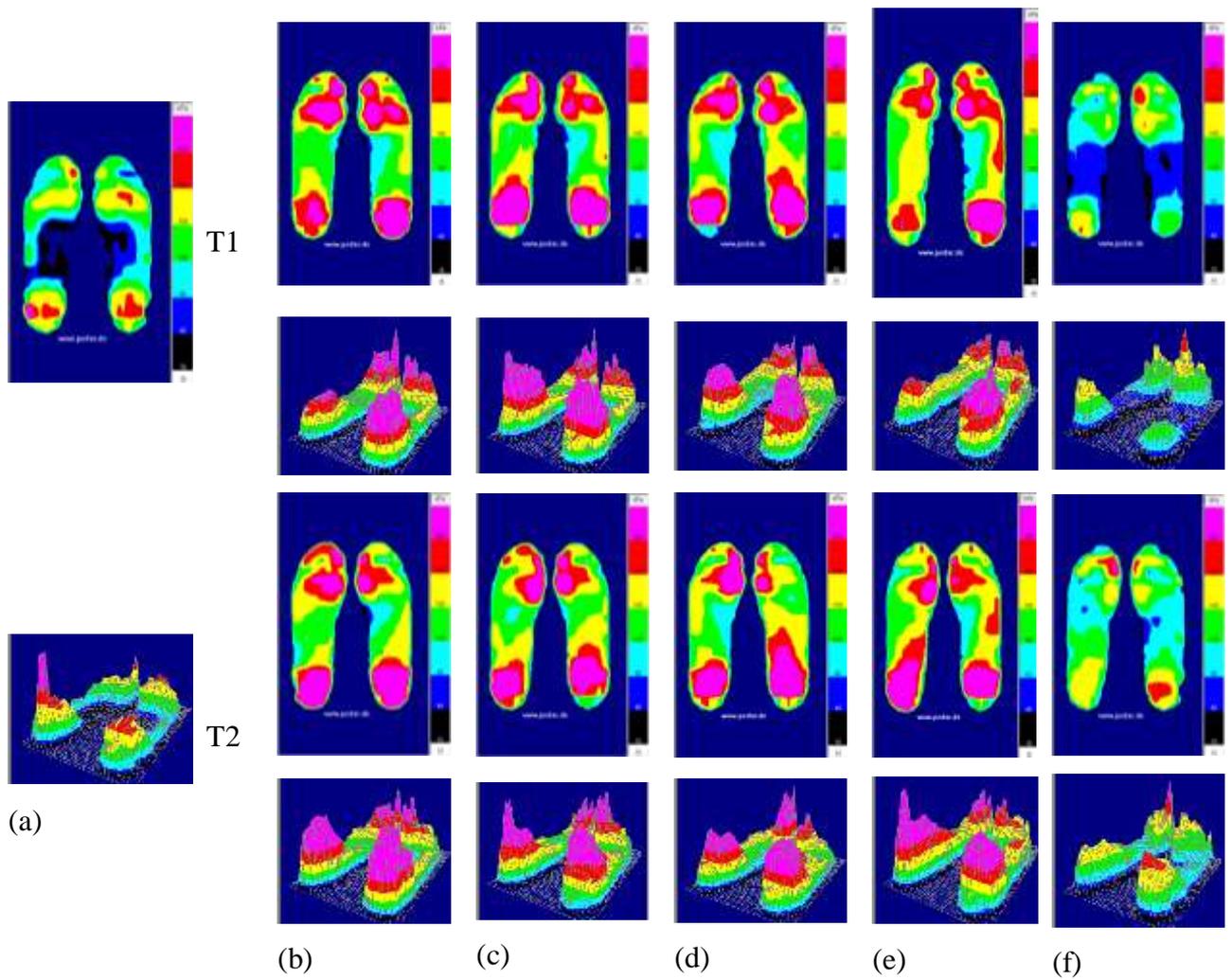
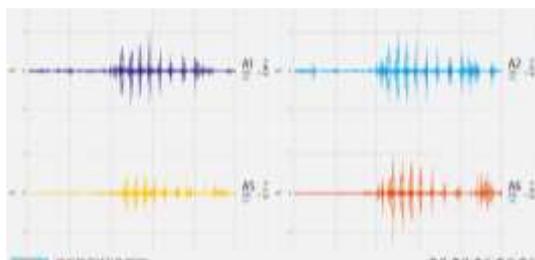


Figura C2 – Comparação da distribuição da pressão plantar para uma atleta menos experiente, T1 e T2: (a) Normal; (b) ACB; (c) ASB; (d) LPD; (e) LPE; (f) RES.

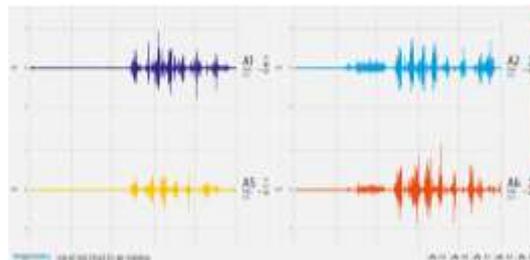
APÊNDICE D

Nas figuras D1 e D2 estão representadas imagens o sinal de EMG, considerando T1 e T2, e 2 atletas com experiências diferentes, para os 5 movimentos em estudo.

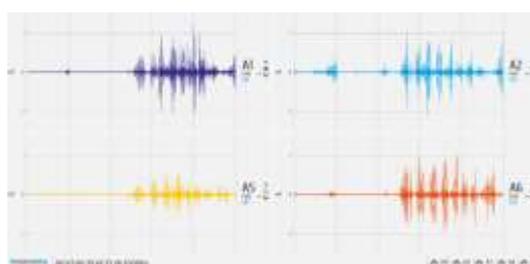
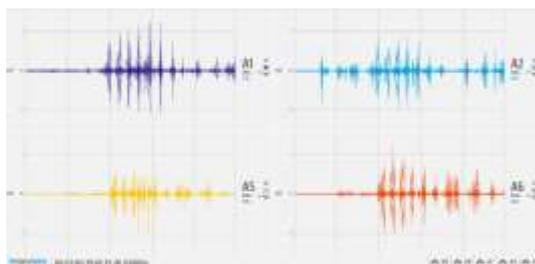
T1



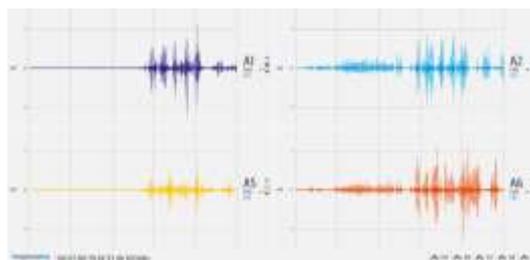
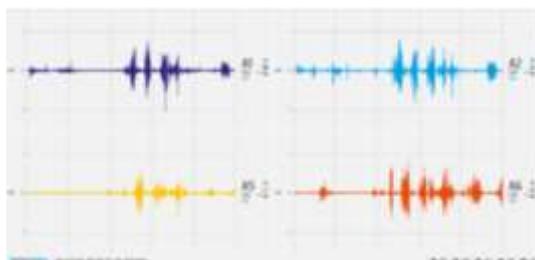
T2



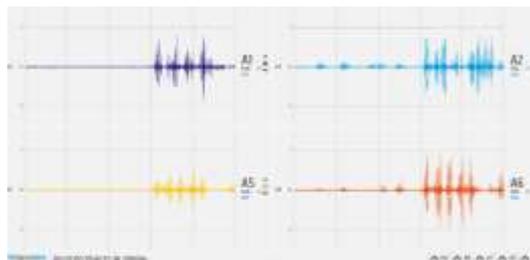
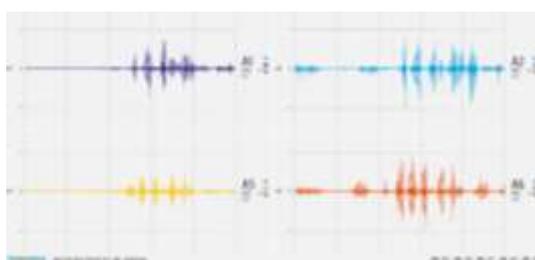
(a)



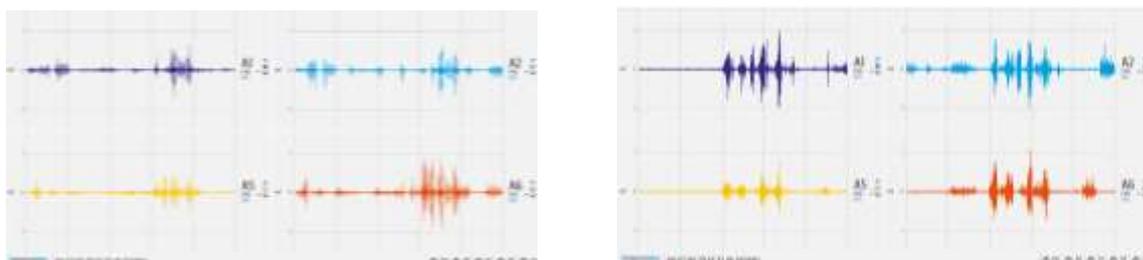
(b)



(c)



(d)

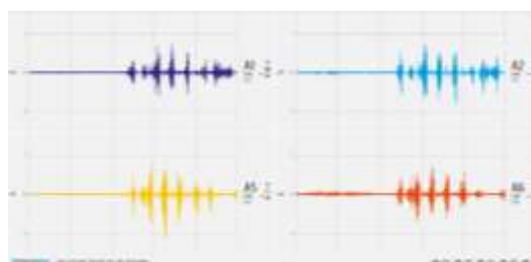
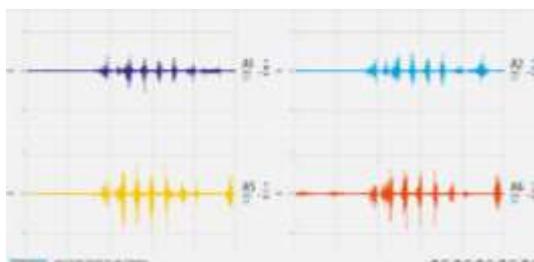


(e)

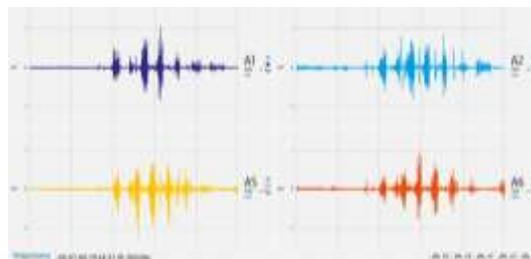
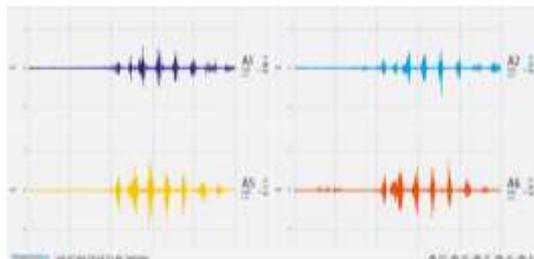
Figura D1 – Comparação do sinal EMG para uma atleta mais experiente, T1 e T2: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.

T1

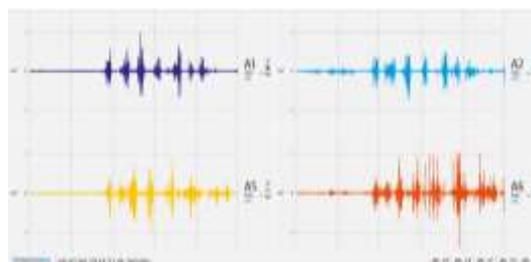
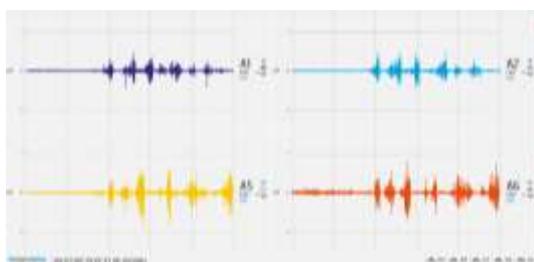
T2



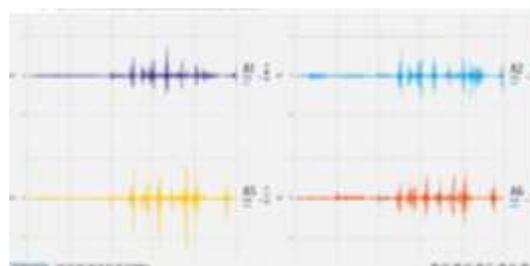
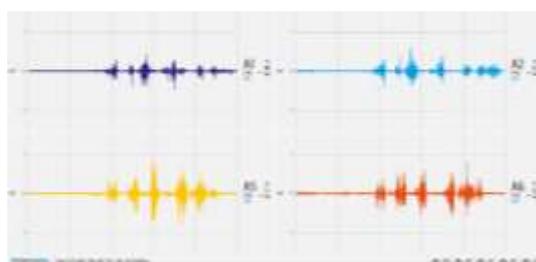
(a)



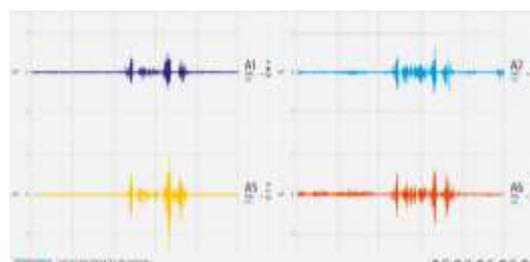
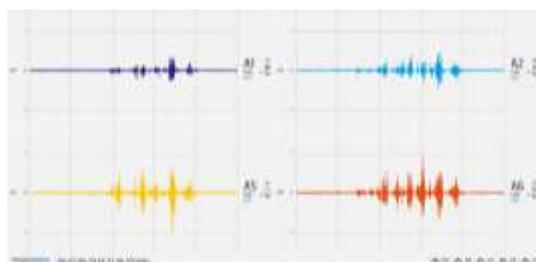
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura D2 – Comparação do sinal EMG para uma atleta menos experiente, T1 e T2: (a) ACB; (b) ASB; (c) LPD; (d) LPE; (e) RES.