



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Rui Arantes Ferreira

**Análise do valgo dinâmico do joelho
e relação com a fadiga muscular em
basquetebolistas femininas**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Biocinética, orientada pela Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes, e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

setembro de 2022



Rui Arantes Ferreira

Análise do valgo dinâmico do joelho e relação com a fadiga muscular em basquetebolistas femininas

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências do Desporto e Educação Física da
Universidade de Coimbra com vista à obtenção
do grau de mestre em Biocinética, sob
orientação da Professora Doutora Beatriz
Branquinho Gomes

Coimbra, setembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Doutora Beatriz Gomes por toda a disponibilidade e pelo apoio demonstrado desde o início do mestrado e na elaboração desta dissertação.

Agradeço aos clubes (CDTondela, ED Guarda UP, SC Beira-Mar e SP Figueirense) e a todos os jogadores que participaram neste estudo de investigação pela disponibilidade e interesse, permitindo assim a realização desta dissertação.

Agradeço à minha família pela paciência e apoio neste investimento no meu enriquecimento.

Agradeço aos meus colegas de trabalho pela compreensão e disponibilidade.

Obrigado, porque só assim foi possível realizar este trabalho.

LISTA DE ABREVIATURAS

CMJ: countermovement jump

DLT: Transformação linear Direta (*Direct Linear Transformation*)

FPPA: frontal plane projection angle

RAST: Running-based Anaerobic Sprint Test

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

W: watts

2D: duas dimensões

DJ-SL: Drop jump a uma perna (Drop jump Single Leg)

RESUMO

O valgo dinâmico do joelho é uma condição que impede o correto alinhamento desta articulação em movimento, sendo que tem vindo a ser avaliado através do *frontal plane projection angle* (FPPA), quando avaliado a duas dimensões. O valgo dinâmico do joelho aumentado está associado a uma maior predisposição para a lesão do joelho e articulações adjacentes, tornando-se ainda mais crucial no caso de atletas do sexo feminino, pois tem sido demonstrado que estas apresentam uma predisposição à lesão do joelho 4 a 6 vezes superior, comparativamente ao sexo masculino.

Este estudo procura assim, perceber a resposta em termos de valgo dinâmico numa situação de Drop jump a uma perna (DJ-SL), de mudanças de direção, bem como a influência da fadiga na alteração do valgo dinâmico do joelho na mudança de direção. Dado que tem sido descrito que uma melhor condição física diminui a probabilidade do/a atleta apresentar valgo dinâmico do joelho, foi também realizado um teste de potência muscular dos membros inferior Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST), com o intuito de perceber a relação entre o desempenho no teste e o valgo dinâmico do joelho.

Participaram neste estudo 33 atletas femininas, jogadoras de basquetebol no escalão sub-16, que posteriormente foram divididas em dois grupos de desempenho, nacional e regional, com média de idade de $15,47 \pm 0,72$ anos e $15,25 \pm 0,68$ anos, respetivamente. Todas as atletas realizaram o teste de DJ-SL, a mudança de direção a 45° e 90° , seguida de um protocolo de indução de fadiga, sendo que voltaram a repetir os testes de mudança de direção também em fadiga. Na recolha de dados foram realizadas filmagens (2 câmaras de vídeo sincronizadas a filmar a 60 Hz) para determinar o FPPA e ângulo do joelho no maior ângulo de valgo dinâmico, tanto no DJ-SL como mudança de direção, e utilizado o Opto Jump para avaliar o impacto do protocolo de indução de fadiga. Previamente a estas recolhas, todas as atletas já tinham realizado o teste RAST.

Os resultados do estudo apontam para valores mais reduzidos de valgo dinâmico na situação de DJ-SL em relação situação de mudança de direção (45° e 90°), e um aumento do valgo com o aumento do ângulo da mudança de direção. Já no que diz respeito à resposta do valgo dinâmico do joelho em situação de fadiga os resultados não demonstraram existir influência deste fator. O desempenho no teste RAST também não se relacionou com os valores de valgo dinâmico do joelho. Os valores de valgo dinâmico obtidos no DJ-SL são menores, já os valores de valgo nas mudanças de direção estiveram junto aos máximos reportados.

Palavras chave: FPPA; Drop jump um apoio; Mudança de direção; Cinemática.

ABSTRACT

Dynamic knee valgus is a condition that prevents the correct alignment of this joint in motion, and it has been evaluated through the frontal plane projection angle (FPPA), when evaluated in two dimensions. Increased Dynamic knee valgus is related to a greater proneness to injury to the knee and adjacent joints, being even more crucial as far as female athletes are concerned, as it has been shown that they are 4 to 6 times more prone to knee injuries compared to male athletes.

Thus, this study aims to understand the response in terms of Dynamic valgus in a Drop Jump single leg (DJ-SL) situation, from side Step, as well as the influence of fatigue on the change of Dynamic knee valgus in the side Step. Since it has been described that a better physical condition decreases the probability of the athlete presenting Dynamic knee valgus, a test to measure anaerobic power and capacity, Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) was also carried out, in order to understand the relationship between test performance and Dynamic knee valgus.

Thirty-three female basketball players participated in this study, under-16 basketball players. They were later divided into two performance groups, national and regional, aged 14 to 16 years (mean age 15.47 ± 0.72 years and 15.25 ± 0.68 years, respectively). All athletes performed the DJ-SL test, the side step at 45° and 90° , followed by a fatigue induction protocol, and they repeated the side step tests again in fatigue. For data collection, footage was taken (2 video cameras synchronized filming at 60 Hz) to determine the FPPA and knee angle at the highest Dynamic valgus angle, both in DJ-SL and side Step, Opto Jump was used to evaluate the impact of the fatigue induction protocol. Prior to these collections, all athletes had already performed the RAST test.

The results of the study point to higher values of Dynamic valgus in the DJ-SL situation compared to the side step situation (45° and 90°), and a valgus increase with increasing side step angle. Regarding the Dynamic knee valgus response in fatigue situations, the results did not show any influence of this factor. Performance on the RAST test was also not related to dynamic knee valgus values. The dynamic valgus values obtained in the DJ-SL are lower, but the valgus values in the changes of direction were close to the reported maximums.

Keywords: FPPA; Drop jump single leg, Side Step, kinematics;

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE GERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DA LITERATURA	4
3.OBJETIVOS.....	9
4. METODOLOGIA.....	10
4.1. Amostra	10
4.2 Procedimentos	11
4.3 Tratamento dos dados.....	15
4.4. Estatística.....	17
5. RESULTADOS	18
6.DISSCUSSÃO.....	23
7. CONCLUSÃO.....	25
7.1 Limitações	25
7.2 Sugestões para futuros estudos	27
Referências Bibliográficas.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de marcador e referências anatômicas	1
Figura 2. Optojump Microgate, “CMJ free arms.....	18
Figura 3. Drop Jump (30 cm).	18
Figura 4. Deslocação com mudança de direção de 90° e de 45°	18
Figura 5. Sincronização das duas câmaras através da luz LED, que representam os dois planos (Lateral e frontal)	19
Figura 6. Representação das execuções de mudança de direção e colocação das câmaras para recolha de dados bem como o local do protocolo de fadiga e respetiva avaliação no Optojump	21
Figura 7. Processo de digitalização, primeiro a digitalização dos pontos anatômicos , e posteriormente a determinação do ângulo relativo do joelho.	22

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estudos de referência na avaliação de parâmetros relacionados com o valgo dinâmico do joelho e FPPA	6
Tabela 2: Valores antropométricos da amostra dividida pelo nível competitivo.	15
Tabela 3: Análise descritiva, comparação (Teste T amostras dependentes e respetiva ES) pré e após realização de protocolo de indução de fadiga nos resultado do valgo dinâmico na realização das duas condições de mudança de direção, 45° e 90°	24
Tabela 4: Análise descritiva, e comparação (Teste T amostras independentes e respetiva ES) analisadas em função do grupo, Nacional e Regional	25
Tabela 5: Valores de correlação (Pearson) grupo Nacional	27
Tabela 6: Valores de correlação (Pearson) grupo Regional.	28

1.INTRODUÇÃO

O basquetebol é uma modalidade desportiva que envolve correr, saltar, mudanças de direção, tratando-se por isso de um jogo de alta intensidade (Drinkwater, Pyne & McKenna, 2008). Por ter como característica a necessidade de elevada produção de força em curtos espaços de tempo, aliada a um jogo de contacto, a prevalência de lesões no basquetebol é elevada (Cumps *et al.*, 2007). Aos membros superiores é solicitada uma enorme capacidade de desenvolvimento de potência muscular, o que justifica, de certa forma, uma incidência de lesões nesta zona acima dos 65%, para o conjunto de todas as lesões (Drakos *et al.*, 2010). Também nos Estados Unidos já tinham sido referenciadas taxas elevadas de lesão em jogadores com idades entre os 5 e 14 anos, sendo que era nos membros inferiores que existia maior incidência de lesão no basquetebol juvenil. O tornozelo é a articulação com a maior frequência de lesão seguindo-se o joelho. Para além disso, o sexo feminino é o que apresenta maior incidência de lesão comparativamente ao sexo masculino (Maffulli & Caine, 2005).

Pelos motivos apresentados, é fundamental conhecer de forma detalhada a biomecânica dos gestos realizados pelos atletas e perceber quais os aspetos que conduzem a uma maior propensão à lesão, bem como apresentar propostas para minimizar o aparecimento de lesões. Num mesmo desporto, a taxa de incidência de lesão no joelho em adolescentes do sexo feminino é 4 a 6 vezes superior à dos adolescentes do sexo masculino, sendo as três principais contribuições para a disparidade entre sexos os fatores anatómicos, hormonais e neuromusculares (Hewett *et al.*, 2005).

Está comprovado que cargas submaximais podem causar pequenos danos que repetidos e sem capacidade de recuperação podem provocar lesões ligamentares incapacitantes (Fleming *et al.*, 2001).

Desta forma será necessário perceber se as articulações estão a funcionar corretamente de forma a dissiparem a energia pelos vários músculos e ligamentos envolvidos, sendo que o bloqueio de uma articulação, diminuirá a sua capacidade de absorção da energia, passando por sua vez a sobrecarregar outras estruturas podendo criar maiores desalinhamentos corporais criando um ciclo de maior sobrecarga. Os tendões são muitas vezes as estruturas sacrificadas, pois são eles que fazem a conexão do osso com o músculo. De referir que os tendões, com uma configuração ondulada, como definiu Kastelic e colaboradores (1978), são compostas por fibras de colagénio essencialmente

do tipo I e apresentam uma capacidade elástica. A sua cor é branca devido à reduzida vascularização e, apesar da sua estrutura sólida, contém aproximadamente 70% de água (Magnusson & Kjaer, 2018), ou seja, de recuperação mais condicionada devido às trocas dificultadas pela fraca vascularização.

A ângulo do joelho estático (valgo estático), também definido como ângulo do quadríceps (Q-angle), foi utilizado a primeira vez por Brattström em 1964. O Q-angle consiste no ângulo formado entre a linha imaginária que tem origem na espinha ilíaca anterosuperior e passa pelo centro da patela, e a linha que passa pelo centro da tuberosidade tibial e o centro da patela (Brattström H. 1964). Os valores de referência variam entre géneros e raças, contudo podem-se assumir valores de referência entre os 1° e 23° para o sexo masculino e 2° a 21° para o sexo feminino (Skouras *et al.*, 2022).

Contudo os estudos de âmbito desportivo utilizam o valgo dinâmico do joelho, que é uma combinação de adução e rotação interna coxofemoral e abdução do joelho, sendo realizada a sua avaliação através do frontal plane projection angle (FPPA), quando avaliada a 2D. A sua medição no plano frontal (2D) é feita através do alinhamento entre a espinha ilíaca anterosuperior, o centro da patela e o ponto médio entre os maléolos (tornozelo) (Skouras *et al.*, 2022). Os valores de referência variam entre estudos, sendo referidos valores que podem ir até aos 39° (Powers, 2010).

A avaliação do valgo dinâmico é feito através do registo do ângulo, referenciado acima, durante a execução de uma determinada ação, sendo considerado o maior valor atingido. Esse valor corresponde ao maior desalinhamento. Um maior ângulo corresponde a um aumento das forças laterais na patela, aumentando também as pressões laterais dentro da articulação femoro-tibial. Um aumento de 10° no valgo dinâmico pode aumentar a pressão em 45% na superfície articular femero-patelar (Powers, 2010).

Embora um atleta possa não apresentar um valgo estático, durante a execução de um movimento que implique flexão do joelho, na tentativa de atingir melhor desempenho, pode realizar desvios e paragens sem controlo, dos membros e tronco. Essa falha de coordenação, principalmente na fase concêntrica pode induzir um joelho em valgo (Foley, Bulbrook, Button & Holmes, 2017), denominado assim, valgo dinâmico do joelho.

Relativamente ao movimento da articulação do joelho, na receção ao solo temos referenciadas várias anomalias como joelho valgo (plano frontal) e reduzidos ângulos de flexão com o centro de gravidade posicionado atrás do joelho (plano sagital). (Mehl *et al.*, 2017).

No entanto, estas alterações podem ser agravadas pela fadiga, que provoca no movimento de impulsão vertical alteração da velocidade, aumento da flexão do tronco, mudanças na rotação da cintura pélvica e joelho especialmente no momento de receção ao solo, aumentando assim o impacto nas articulações e ligamentos. Uma explicação para estas alterações no padrão de movimento pode estar relacionada com a deterioração no desempenho neuromuscular, com durações compensatórias de fase excêntrica mais longas, devido à redução da função do mecanismo de alongamento-encurtamento (Chandrashekar *et al.*, 2006).

Pelo descrito acima será importante também analisar a capacidade física geral, mas principalmente a capacidade anaeróbica, dada a especificidade da modalidade, bem como a execução dos movimentos como saltos, mudanças de direção entre outras habilidades. Um dos testes mais utilizados para identificação de atletas em risco de lesão através da identificação de valgo dinâmico é o Drop Jump, entre outros, como Single Leg Squat (Mehl *et al.*, 2017). No Drop Jump o atleta faz a receção ao solo após uma queda de uma altura pré-estabelecida (neste caso 30 cm), em que podem ser avaliadas as flexões das articulações bem como perceber alguma rotação através dos alinhamentos dos segmentos (isto em análise 2D). A avaliação de mudanças de direção será também interessante, dado que existem mais alterações laterais do que a situação de queda vertical avaliada no Drop Jump.

Após análise de um movimento, torna-se então possível a sua correção, se for o caso, através de programas de prevenção onde estão incluídos os exercícios de aquecimento padrão, força muscular, equilíbrio e propriocepção, além de corrida e flexibilidade (Mehl *et al.*, 2017). A identificação e intervenção precoce podem evitar ajustes crónicos e consequentemente lesões.

Dado que muitas das ações no basquetebol são unipedais, a proposta deste trabalho é a avaliação do valgo dinâmico do joelho em movimentos unipedal, mais especificamente na receção ao solo (drop jump single leg) e mudança de direção, em atletas femininas de basquetebol. Para além disso pretendeu-se também determinar se a fadiga muscular pode contribuir para o aumento de um possível valgo dinâmico e consequentemente contribuir para aumentar a predisposição para a lesão. Um outro fator tido em conta, foi se o nível de condição física, nomeadamente a potência dos membros inferiores, tinha impacto na resposta dinâmica do valgo do joelho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Devido à relação do valgo dinâmico e predisposição à lesão (Powers C. M., 2010), alguns estudos têm sido realizados com o intuito de aumentar o conhecimento e determinar os fatores que o influenciam, e que estão descritos na tabela abaixo (Tabela 1). Desde logo a forma como o valgo dinâmico do joelho é determinado, considerando as diferenças entre uma análise cinemática 2D ou 3D. Num estudo comparativo (McLean *et al.*, 2015) com avaliação de movimentos de mudança de direção realizada por atletas de basquetebol, verificaram que os resultados obtidos na análise do valgo dinâmico do joelho, utilizando um sistema 2D e um sistema 3D, eram similares. É de salientar que a avaliação 2D é menos morosa e dispendiosa.

Considerando a tabela resumo dos estudos (Tabela 1) verifica-se que a população alvo nos diferentes estudos difere quanto à atividade desportiva dos praticantes, sendo que uns estudos avaliam pessoas ativas (Dickin *et al.*, 2015), outros praticantes de modalidades federadas, nomeadamente basquetebol, voleibol, andebol futebol (Willson *et al.*, 2006; Numata *et al.*, 2017). Os movimentos avaliados nos diferentes estudos incluem a mudanças de direção (Sinsurin *et al.*, 2013; Leppänen *et al.*, 2021), o Drop Jump (Benjaminse *et al.* 2007; Dickin *et al.*, 2015; Wesley *et al.*, 2015; Numata *et al.*, 2017; Fidai *et al.*, 2020) e a realização de agachamentos (Willson *et al.*, 2006; Stickler *et al.*, 2015).

Com vista a perceber as alterações do valgo dinâmico do joelho, estes estudos manipulam as alturas de salto do stop jump (Benjaminse *et al.*, 2007), ângulos de saída na mudança de direção (Sinsurin *et al.*, 2013) e também a introdução de fadiga (Benjaminse *et al.*, 2007; Dickin *et al.*, 2015). Estas alterações, de estudo para estudo, contribuem para um conhecimento mais vasto das possíveis variáveis que podem influenciar o valgo dinâmico do joelho nos atletas ou por outro lado variáveis que poderão não ter qualquer impacto. Sabe-se, por exemplo, que o sexo feminino apresenta tendencialmente valores de valgo dinâmico do joelho mais elevados (Willson *et al.*, 2006; Fidai *et al.*, 2020; Leppänen *et al.*, 2021), e também apresentam propício a mais lesões (Numata *et al.*, 2017; Leppänen *et al.*, 2021) do que o sexo masculino.

A corrida em mudança de direção parece contribuir para aumentar o valgo dinâmico do joelho (Sinsurin *et al.*, 2013), comparativamente à corrida sem mudança de

direção, sendo que em ambas as situações a velocidade de execução é também um aspecto a considerar. Relativamente ao impacto da fadiga, embora pareça também contribuir para um aumento do valgo dinâmico do joelho (Dickin *et al.*, 2015; Fidai *et al.*, 2020), existe um estudo (Benjaminse *et al.*, 2007) que aponta para uma redução, comparativamente à situação sem fadiga na execução de um stop jump. Vários fatores podem ser responsáveis por estes resultados opostos, por exemplo a diferenças nos protocolos de indução de fadiga, que pode ser induzida de diferentes formas. Na maioria dos estudos que são apresentados na Tabela 1 a avaliação da fadiga foi realizada considerando uma redução de pelo menos 20% na impulsão vertical avaliada através do CMJ.

Resumindo, nos estudos apresentados verifica-se que o aumento da altura de queda, na mudança de direção, bem como ser do sexo feminino são aspetos que tendem a aumentar o valgo dinâmico do joelho. Já relativamente à fadiga os resultados não são consensuais, existem estudos que a associam também a um aumento do valgo dinâmico do joelho, mas outros não. A condição física dos/as atletas avaliados/as é também apresentada como um fator com correlação negativa com o valgo dinâmico do joelho (Stickler *et al.*, 2015) e conseqüentemente pode contribuir para a prevenção de lesões.

Tabela 1: Estudos de referência na avaliação de parâmetros relacionados com o valgo dinâmico do joelho e FPPA

Estudo	Metodologia	Conclusões
Willson <i>et al.</i>, 2006	<ul style="list-style-type: none"> • 46 atletas (24 masculinos, 22 femininos) (Basquetebol, Futebol e voleibol) • Realizaram Agachamento, um apoio 	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo feminino apresentou maiores amplitudes de valores durante o movimento bem como apresentou maiores valores de FPPA absoluto.
Benjaminse <i>et al.</i>, 2007	<ul style="list-style-type: none"> • 30 indivíduos ativos (30min, 3x semana) (15 masculinos e 15 femininos) • Realizaram Stop Jump., um apoio (sem e com fadiga) • Protocolo de fadiga: Astrand protocol modificado, até “exaustão”. • Avaliação do protocolo fadiga - tempo realizado, e frequência cardíaca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não foram encontradas diferenças significativas. Pré e após fadiga • Na situação fadiga o valgo do joelho diminuiu em ambos os sexos. • Existiu uma menor flexão do joelho em situação de fadiga
Sinsurin <i>et al.</i>, 2013	<ul style="list-style-type: none"> • 18 atletas femininos (9 basquetebol e 9 voleibol) • Avaliação do Valgo em mudança de direção pós salto (0°,30°,60°e90°), um apoio 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de direção a 30°,60° e 90° tem um valor de valgo maior que a 0°.
Dickin <i>et al.</i>, 2015	<ul style="list-style-type: none"> • 11 mulheres ativas (exercício Moderado/elevado, 3x semana) • Realizaram Drop Jump, em dois apoios (30,40 e 0 cm) (Sem e com fadiga). <ul style="list-style-type: none"> • Protocolo fadiga (saltos e agachamentos) • Avaliação do protocolo fadiga: redução de 20% do salto máximo vertical 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior altura de queda maior o ângulo do joelho • Após fadiga aumentou o valgo do joelho, aumentou o impacto de queda (plataforma de força). • Menor variação do ângulo do joelho mediante a altura de queda

Wesley <i>et al.</i>, 2015	<ul style="list-style-type: none"> • 18 atletas masculinos e 18 femininos (Futebol basquetebol, voleibol e Flag football.) <ul style="list-style-type: none"> • Drop Jump dois apoios (30 Cm), (sem e com fadiga) • Protocolo de fadiga realização de uma serie de exercícios por estações, realizando um circuito extra após esta redução • Avaliação do protocolo : redução de 5 cm após circuito de exercícios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo feminino comete mais erros de queda, receção ao solo (“LESS”) que o sexo masculino. • Em “fadiga” ambos cometem mais erros (“LESS”)
Stickler <i>et al.</i>, 2015	<ul style="list-style-type: none"> • 40 participantes • Agachamento, um apoio 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe uma relação forte entre o Core e valgo (FPPA), que deve ser valorizada clinicamente sendo os abdutores os mais relevantes.
Numata <i>et al.</i>, 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Drop Jump box 30 Cm, um apoio. • 291 atletas de basquetebol e andebol • Acompanhamento após estudo por 3 anos, verificação de 28 lesões do LCA 3 por com contacto e 25 sem contacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Atletas com posterior lesão tiveram valores de valgo significativamente maiores e maioritariamente do sexo feminino.
Fidai <i>et al.</i>, 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Drop Jump box 30 Cm, em dois apoios • 85 atletas (38 masculino 47 feminino)(se indicação de modalidade) • Protocolo fadiga (após exercícios redução de pelo menos 20% do salto máximo vertical), só 22 atingiram. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fadiga aumenta o valgo. • Atletas femininas tiveram maior valgo.
Leppänen <i>et al.</i>, 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de direção 180°, um apoio • 258 atletas (Basquetebol e hóquei em campo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Valores de valgo maiores no sexo feminino • Taxa de lesão durante o acompanhamento foi maior no sexo feminino do que no masculino (0,6 e 0,1 lesões/1000 horas de exposição, respetivamente)

3.OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo foi avaliar o valgo dinâmico do joelho, através da avaliação no plano frontal do FPPA, em atletas de basquetebol do sexo feminino no decorrer da realização do Drop Jump a uma perna (DJ-SL) e de mudanças de direção, bem como verificar se a fadiga contribui para aumentar as alterações aquando da realização de mudanças de direção.

Em segundo plano, foi objetivo avaliar as possíveis diferenças entre atletas de diferentes níveis competitivos, bem como perceber possíveis relações entre o desempenho na mudança de direção, no DJ-SL e o ângulo relativo do joelho na mudança de direção. Devido à possível influência do nível de condição física, conforme referenciado na bibliografia, foi também realizado o teste Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST), com o intuito de verificar possível correlação com o valgo dinâmico do joelho.

4. METODOLOGIA

4.1. Amostra

A amostra foi apenas composta por atletas do sexo feminino, pois não foi objetivo do estudo verificar diferenças entre géneros, dado que a literatura já enfatizou essa diferença.

Para este estudo foram convidadas quatro equipas de diferentes regiões (Aveiro, Coimbra, Guarda e Viseu), estas escolhas foram efetuadas mediante a sua classificação competitiva e a sua Associação distrital. Assim, duas equipas participavam no Campeonato Nacional, competição destinada às melhores equipas, e outras duas de Associações que não tem acesso a essa competição.

A recolha de dados foi efetuada na fase final da época para minimizar a heterogeneidade do desempenho das atletas devido à paragem competitiva devido à pandemia COVID-19, e também para ter em conta a classificação competitiva.

As atletas selecionáveis eram todas as que participavam na competição de Sub 16 no seu clube e não tinham qualquer patologia clínica conhecida ao nível dos membros inferiores. As informações do protocolo foram enviadas aos treinadores e responsáveis do clube, e um consentimento informado foi entregue (ANEXO I) e assinado pela atleta e pelo seu representante legal, de forma a permitir a recolha dos dados. Os procedimentos de recolha dos dados foram efetuados em dois momentos (dias), sempre no local e período de treino das equipas.

A amostra foi constituída por 33 atletas, divididas em dois grupos consuante o seu nível competitivo. O grupo denominado de “Nacional” que consistiu nas jogadoras dos clubes que participaram na competição mais elevada deste escalão, e o grupo “Regional” que correspondeu às equipas que não conseguiram participar nessa competição.

O grupo Nacional foi constituído por 17 atletas com uma estatura média de $168,00 \pm 5,44$ cm, $62,59 \pm 9,95$ kg de massa corporal e $15,47 \pm 0,72$ de idade, enquanto que o grupo Regional era composto por 16 atletas com uma estatura de $164,56 \pm 8,11$ cm, $55,13 \pm 8,02$ kg de massa corporal e $15,25 \pm 0,68$ de idade, conforme consta na tabela abaixo:

Tabela 2: Valores antropométricos da amostra dividida pelo nível competitivo (teste T para amostras independentes para a comparação entre grupos).

	Grupo	N	Média	Desvio Padrão	ρ
Estatura (cm)	Nacional	17	168,00	5,44	0,160
	Regional	16	164,56	8,11	
Massa corporal (kg)	Nacional	17	62,59	9,95	0,025*
	Regional	16	55,13	8,02	
Idade	Nacional	17	15,47	0,72	0,373
	Regional	16	15,25	0,68	

* diferenças significativas $\rho \leq 0,05$.

4.2 Procedimentos

A recolha de dados foi efetuada em dois momentos distintos, de forma a não condicionar os resultados de desempenho, dado que avaliámos a potência muscular através do Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) e do salto vertical e se realizou a análise cinemática dos movimentos de mudança de direção e do DJ-SL.

Num primeiro momento foi efetuada uma nova explicação do objetivo do estudo e dos parâmetros a avaliar e a sua finalidade, desta vez presencial. De seguida foi recolhida a estatura e a massa corporal, com o auxílio do Estadiómetro portátil Bodymeter 206 SECA e Balança digital portátil SECA 878. Posteriormente foi efetuado um aquecimento de 15 min de preparação para a realização do protocolo do (RAST). Este teste consiste na execução de 6 sprints de 35 metros com um intervalo de 10 segundos de descanso entre eles. Através do tempo de cada sprint é possível obter a potência de sprint ($\text{massa corporal} \times \text{Distância}^2 / \text{tempo}^3$) e índice de fadiga ($(\text{potência máxima} - \text{potência mínima}) / \text{Tempo total dos 6 sprints}$) (Draper & Whyte, 1997). O teste foi realizado e o tempo determinado por medição através de células fotoelétricas Wireless (Brower timing sprint testing system – SpeedTrap II). O tempo de recuperação (10 s) foi contabilizado e informado à atleta que estava a realizar com uma contagem decrescente audível nos últimos 5 s. Após estas recolhas foi explicada a recolha vídeo que ia ser realizada no

segundo momento/treino, com especial foco na necessidade de colocar os marcadores em referências anatômicas, através de colocação de marcadores.

O segundo momento de avaliação iniciou com a colocação dos marcadores (Figura 1) com dimensão de 2,5 x 2,5 cm e com um ponto central de outra cor (Figura 1^a), de forma a fazer o contraste necessário para a análise vídeo. Em cada atleta foram colocados 6 marcadores anatômicos, no lado dominante. No plano frontal foram colocados na espinha íliaca anterosuperior, patela e ponto médio entre os maléolos tibial e fibular (tornozelo) (Figura 1b), já no plano sagital os marcadores foram colocados no trocânter maior do fêmur, espaço femorotibial e maléolo lateral (tornozelo) (Figura 1c).

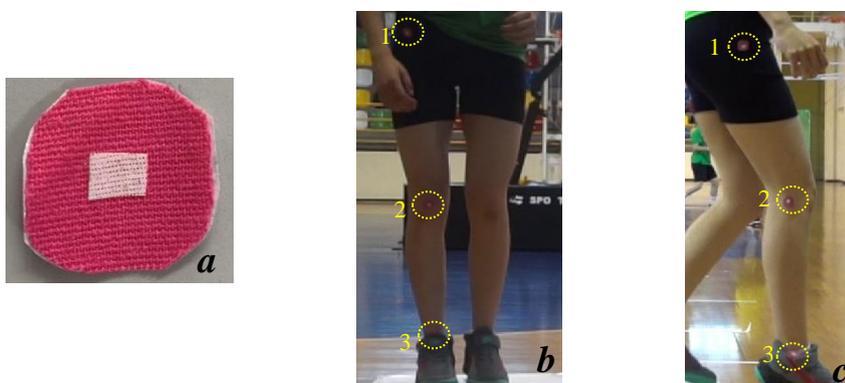


Figura 1. Exemplo de marcador e referências anatômicas; a) Tape para identificação dos pontos anatômicos; b) Plano frontal – espinha íliaca anterosuperior (1), patela (2) e ponto médio entre os maléolos (3); c) Plano sagital – trocânter maior do fêmur (1) espaço femoro-tibial (2) e maléolo lateral (3).

Após esta fase inicial, as atletas realizaram um aquecimento (10 min) finalizado com mudanças de direção e saltos, servindo de aquecimento específico e treino para os testes a realizar. Depois do aquecimento realizaram 3 tentativas de countermovement jump (CMJ) com ajuda dos membros superiores (CMJ free arms). Foi solicitado às atletas que se colocassem numa posição ereta, e que após indicação, realizassem num movimento contínuo um semi-agachamento e salto vertical o mais alto possível com a contribuição dos membros superiores. Este movimento já tinha sido treinado no primeiro momento para minimizar a variação de desempenho apenas por adaptabilidade/aprendizagem. A avaliação das três tentativas do CMJ free arms teve um tempo de recuperação de pelo menos 5 min entre execuções. A avaliação do tempo de voo foi realizada recorrendo ao

sistema Optojump Microgate (Figura 2) e respetivo software com o protocolo “CMJ free arms” versão V1.12.21.0. O melhor salto, considerando o maior tempo de voo, foi registado para ser o valor de base para comparação com os saltos após a realização do protocolo de indução da fadiga.

Numa segunda fase as atletas realizaram as filmagens do DJ-SL. Partindo de uma caixa de 30 cm, colocada no mesmo espaço da zona de mudança de direção (Figura 3), foi solicitado às atletas que se deixassem “cair” da caixa e, que num apoio (o dominante), realizassem um salto logo após a queda num movimento contínuo. Nesta execução a avaliação feita foi o valgo dinâmico máximo durante o período de contacto com o solo.



Figura 2

Optojump Microgate, “CMJ free arms”



Figura 3

Drop Jump a uma perna (DJ-SL) (30 cm).

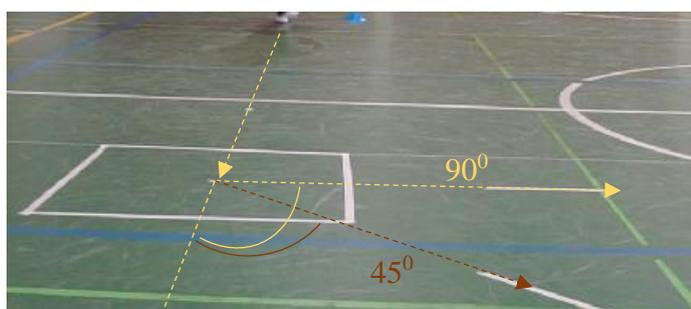


Figura 4

Deslocação com mudança de direção de 90° e de 45°

Depois de realizado o DJ-SL, as atletas realizaram duas mudanças de direção, uma a 45° e outra a 90° (McLean *et al.*, 2005). As atletas realizaram uma corrida de 4 m até à zona de mudança de direção (90x90 cm) (Figura 4), tendo sido solicitado que esta fosse executada à máxima velocidade. Para ser validada a execução, a atleta tinha de pisar

dentro da zona de mudança e o ângulo da mudança de direção solicitado (45° ou 90°) também teria de ser cumprido. De forma a facilitar a tarefa foram colocadas linhas de referência.

Para a realização deste protocolo (DJ-SL e mudanças de direção) foram colocadas 2 Câmaras de filmar (SONY ILCE-5100L e CYBER-SHOT RX100 M5 A) a 3 m da marcação do local de execução (90 x 90cm), e para permitir a sincronização das câmaras foi instalado um sistema de luzes LED ativado por um mesmo interruptor (Figura 5).

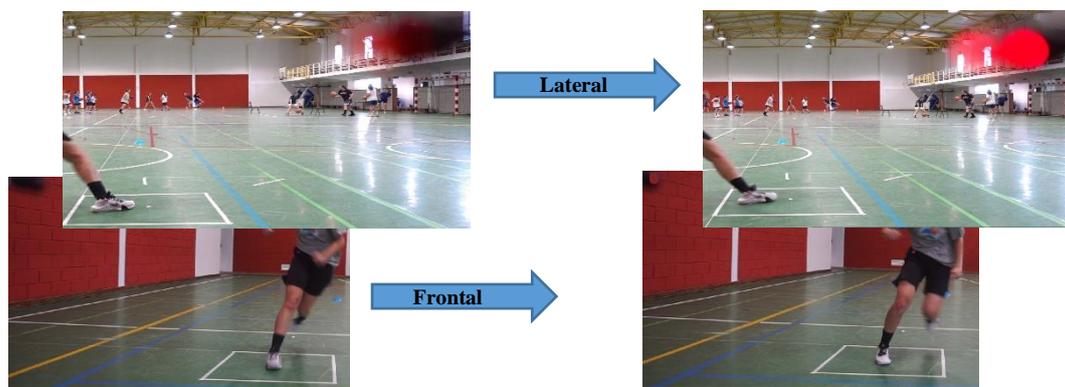


Figura 5. Sincronização das duas câmaras através da luz LED (à esquerda frame antes de acender a lâmpada e à direita a frame quando acende a luz) que representam os dois planos (Lateral e frontal)

Após a realização em situação de repouso foi efetuado um protocolo de indução de fadiga, que consistia em 2 séries de 10 agachamentos saltados, 10 lunge saltados e um sprint de 10 m. O efeito do protocolo de fadiga foi avaliado posteriormente através da realização de salto CMJ free arms, quantificado o tempo de voo através do Optojump. Se o protocolo tivesse provocado uma redução de pelo menos 20 % no tempo de voo do CMJ free arms as atletas seguiram para a realização de uma mudança de direção a 90° e outra a 45° (Figura 6). Se o protocolo de indução de fadiga não tivesse produzido a redução pretendida, as atletas faziam mais uma série até produzir o efeito desejado. O DJ-SL não foi introduzido pós fadiga devido ao risco de ser avaliado já numa fase em que a fadiga já não estaria dentro do definido (necessidade de colocar a box e ajustar).

As gravações foram realizadas a 60Hz e posteriormente tratadas no software Tracker 5.1.5. Os pontos anatômicos descritos foram digitalizados, e através do algoritmo de Transformação Linear Direta 2D (DLT 2D) foi possível obter os valores do valgo dinâmico através dos ângulos do FPPA (Frontal plane projection Angle) e relativo de flexão do joelho (plano sagital), sendo considerado apenas o valor de FPPA mais elevado e o ângulo relativo de flexão do joelho correspondente.

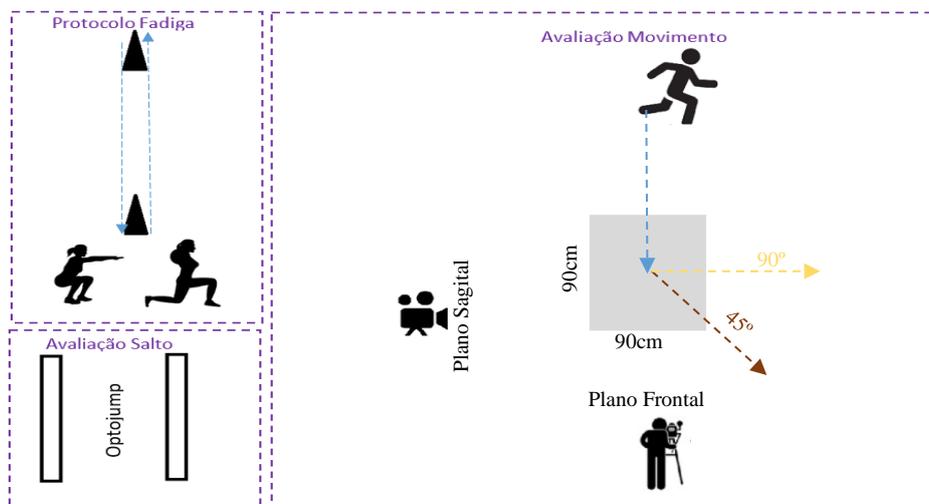


Figura 6.-Representação das execuções de mudança de direção e colocação das câmaras para recolha de dados bem como o local do protocolo de fadiga e respetiva avaliação no Optojump

4.3 Tratamento dos dados

No primerio momento, os dados antropométricos foram registados, bem como os tempos para realização das diferentes séries de 35 m do protocolo RAST, que foram tratados para obter a protência máxima (Watts(W)), potência mínima (W), potência média (W), potência relativa (W/kg) e fadiga (W/s). Já os resultados do segundo momento foram alvo de tratamentos mais morosos, já que as gravações foram separadas por atleta, execução, plano e pré/após fadiga.

Através do software Tracker 5.1.5. os pontos anatómicos descritos foram digitalizados de forma a conseguir obter os ângulos relativos desejados, a zona de mudança de direção 90x90 serviu como referência de calibração.

As filmagens foram sincronizadas, conforme referido anteriormente, permitindo após determinar a imagem do FPPA mais elevado, determinar na imagem correspondente no plano sagital o ângulo relativo do joelho, sendo depois registados ambos para cada execução (Figura 7).

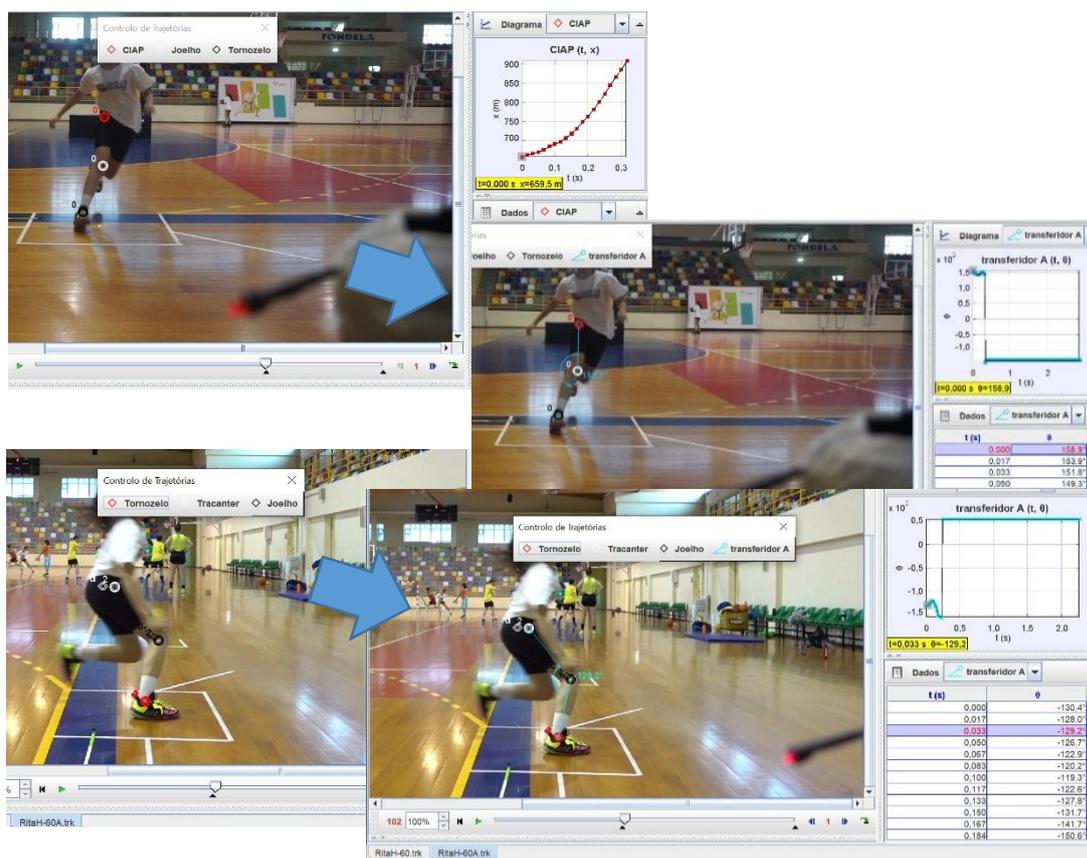


Figura 7.-Processo de digitalização, primeiro a digitalização dos pontos anatómicos (esquerda), e posteriormente a determinação do ângulo relativo do joelho (em cima valgo dinâmico plano Frontal, (FPPA), e em baixo plano sagital – ângulo relativo do joelho

Quanto à avaliação do protocolo de indução de fadiga e dado que tinha determinada a diminuição percentual em tempo real, foi elaborada uma folha de cálculo no Microsoft Excel, de forma a automaticamente determinar-se se a atleta tinha atingido a fadiga

prevista e seguia para a execução do teste de mudança de direção (não sei se realizava mais algum) ou tinha de realizar mais uma série do protocolo de indução de fadiga.

4.4. Estatística

O tratamento estatístico foi realizado através do software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 27.0.0.0. Quanto à estatística descritiva, as variáveis foram apresentadas com o valor médio e respetivo desvio padrão, considerando uma amostra de 33 atletas. Foi realizado o teste T de Student para grupos relacionados ou emparelhados, de forma a comparar os valores de valgo dinâmico do joelho (FPPA) antes e após indução de fadiga. Foi também realizado o teste T de Student para grupos independentes, para comparar o desempenho dos grupo Nacional e o Regional. Foi verificada a relação entre as diferentes variáveis analisadas através do coeficiente de correlação de Person. Foi considerado um nível de significância para $p \leq 0,05$. Também foi considerada a magnitude do efeito (ES) em termos de comparação de médias (d de Cohen) e os valores foram classificados segundo Sawilowsky (2009).

5. RESULTADOS

Os resultados da Tabela 3 apresentam os valores médios e respectivos desvios padrão referentes ao valgo dinâmico através do Frontal Plane Projection Angle (FPPA) antes e após o protocolo de indução de fadiga. Os valores médios do valgo dinâmico, nas mudanças de direção, tendem a aumentar após a realização do protocolo de indução de fadiga, contudo este aumento não foi estatisticamente significativo em ambas as condições, 45° ($\rho=0,318$) e 90° ($\rho=0,416$), confirmado por uma ES baixo ($d < 0,2$).

Tabela 3: Análise descritiva (média e desvio padrão) e comparação (Teste T amostras dependentes e respetiva ES) pré e após realização de protocolo de indução de fadiga nos resultado do valgo dinâmico na realização das duas condições de mudança de direção, 45° e 90° .

	Pré Fadiga N=33	Após Fadiga N=33	Teste T (ρ)	ES
Valgo MD 45° (°)	24,77 \pm 8,25	26,59 \pm 12,30	-0,318 (0,552)	0,176
Valgo MD 90°(°)	34,55 \pm 10,40	35,87 \pm 10,37	-0,416 (0,602)	0,143

Legenda: Valgo MD 45° - Valgo dinâmico máximo do joelho na execução da mudança de direção a 45°; Valgo MD 90° - Valgo dinâmico máximo do joelho na execução da mudança de direção a 90°; * - diferenças estatisticamente significativas ($\rho < 0,05$); ES – magnitude do efeito.

Contudo, quando alteramos a análise dos dados em função não da fadiga mas em função do contexto competitivo, nacional ou regional, os resultados das diferentes variáveis sugerem diferenças. Na Tabela 4 observam-se os resultados médios e respetivos desvios padrão e a comparação entre grupos, Nacional e Regional. Verificaram-se as seguintes diferenças: no valgo dinâmico do joelho avaliado no DJ-SL ($\rho = 0,000$), na mudança de direção a 45° antes e após fadiga ($\rho = 0,000$), na mudança de direção antes do protocolo de fadiga a 90° ($\rho = 0,008$) , na potência máxima obtida na realização do teste RAST ($\rho = 0,003$) e também no índice/taxa de fadiga na realização do teste RAST ($\rho = 0,000$). Embora no valgo dinâmico do joelho, após protocolo de fadiga e na realização da mudança de direção a 90°, não tenham sido encontradas diferença estatisticamente significativa, podemos verificar que os valores do valgo são mais reduzidos no grupo nacional do que no regional.

No teste RAST, a potência máxima seja maior no grupo Nacional, com diferença estatisticamente significativa e uma magnitude do efeito grande ($d>0,8$), a potência mínima não apresenta valores estatisticamente significativamente embora seja também ela

superior. Podemos verificar também que o grupo que evidencia um maior índice de fadiga na realização deste teste é também o grupo nacional, sendo o grupo Regional o grupo com um valor menor no índice de fadiga e com diferença estatisticamente significativa ($\rho = 0,000$).

Tabela 4: Análise descritiva (média e desvio padrão) e comparação (Teste T amostras independentes e respetiva ES) analisadas em função do grupo, Nacional e Regional, para o desempenho no teste de DJ-SL, mudança de direção, RAST e resposta ao protocolo de indução de fadiga avaliado com o CMJ free arms.

		Nacional	Regional	ρ	ES	
		N	N=17	N=16		
Mudanças de Direção	Valgo DJ-SL (30 cm) (°)		14,46±5,88	27,07±10,67	0,000*	1,476
	Valgo MD 45° (°)		20,21±5,67	29,61±7,90	0,000*	1,373
	Valgo MD PF 45° (°)		18,55±5,61	35,14±11,73	0,000*	1,823
	Ângulo joelho MD PF 45° (°)		133,72±28,87	128,57±14,85	0,528	0,222
	Valgo MD 90° (°)		30,07±7,26	39,30±11,30	0,008*	0,979
	Valgo MD PF 90° (°)		33,93±8,85	37,93±11,72	0,275	0,387
	Ângulo joelho MD PF 90°		136,91±12,71	128,73±12,81	0,075	0,641
	RAST Pmax (W)		409,29±86,76	326,53±52,75	0,003*	1,144
	RAST Pmin (W)		235,23±60,17	224,38,89±38,88	0,560	0,205
	RAST Prel (W/kg)		6,62±1,38	5,99±1,06	0,156	0,507
	RAST Fadiga (W/s)		4,51±1,60	2,68±0,91	0,000*	1,396
CMJ FREE ARMS PF (%)		24,51±4,74	22,34±2,05	0,101	0,574	

Legenda: Valgo MD 45° - Valgo dinâmico máximo do joelho na execução da mudança de direção a 45°; Valgo MD 90° - Valgo dinâmico máximo do joelho na execução da mudança de direção a 90°; Ângulo joelho MD PF 45°- ângulo relativo do joelho no valgo dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 45°; Ângulo joelho MD PF 90°- ângulo relativo do joelho no valgo dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 90°; RAST Pmax – Potência máxima no teste RAST, RAST Pmin – Potência mínima no teste RAST; RAST Fadiga- Índice de fadiga durante o teste RAST; CMJ FREE ARMS PF – Redução em percentagem do tempo de voo no teste countermovement jump com membros superiores após protocolo de indução de fadiga; * - diferenças estatisticamente significativas ($\rho < 0,05$); ES – magnitude do efeito

As tabelas 5 e 6 apresentam a análise da correlação entre as variáveis em estudo, considerando cada um dos grupos de nível, Nacional e Regional.

Tabela 5: Valores de correlação (Pearson) grupo Nacional

Grupo Nacional											
	Valgo DJ-SL (30cm)(°)	Valgo MD 45° (°)	Valgo MD PF 45° (°)	Ângulo joelho MD PF 45° (°)	Valgo MD 90° (°)	Valgo MD PF 90° (°)	Ângulo joelho MD PF 90°	RAST Pmax (W)	RAST Pmin (W)	RAST Prel (W/kg)	RAST Fadiga (W/s)
Valgo DJ-SL (30cm)(°)	1	,239	-,008	,601*	,125	-,118	,075	-,204	,163	-,022	-,309
Valgo MD 45° (°)	,239	1	,715**	,165	,459	,184	-,429	,018	,171	,001	-,098
Valgo MD PF 45° (°)	-,008	,715**	1	-,094	,379	,195	-,438	-,084	,008	-,228	-,193
Ângulo joelho MD PF 45° (°)	,601*	,165	-,094	1	,082	-,016	-,147	,148	,519*	,451	-,007
Valgo MD 90° (°)	,125	,459	,379	,082	1	,508*	-,226	,065	-,224	-,007	,278
Valgo MD PF 90° (°)	-,118	,184	,195	-,016	,508*	1	,399	,506*	,199	,168	,503*
Ângulo joelho MD PF 90°	,075	-,429	-,438	-,147	-,226	,399	1	,159	,039	-,102	,119

Legenda: Valgo DJ-SL - Valgo Dinâmico máximo na execução do Drop jump a uma perna; Valgo MD 45° - Valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 45°; Valgo MD 90° - Valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 90°; Ângulo joelho MD PF 45°- ângulo do joelho no valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 45°; Ângulo joelho MD PF 90°- ângulo do joelho no valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 90°; RAST Pmax – Potência Máxima no teste RAST, RAST Pmin – Potência Mínima no teste RAST; RAST Fadiga- Fadiga durante o teste RAST; CMJ FREE ARMS PF – Redução em percentagem do tempo de voo no teste countermovement jump com membros superiores após protocolo de fadiga; * é significativa, com ** é altamente significativa

Tabela 6 – Valores de correlação (Pearson) grupo Regional.

	Grupo Regional										
	Valgo Drop Box (30 cm)(°)	Valgo MD 45° (°)	Valgo MD PF 45° (°)	Ângulo joelho MD PF 45° (°)	Valgo MD 90° (°)	Valgo MD PF 90° (°)	Ângulo joelho MD PF 90°	RAST Pmax (W)	RAST Pmin (W)	RAST Prel (W/kg)	RAST Fadiga (W/s)
Valgo Drop Jump (30 cm)(°)	1	-,018	-,041	,265	,195	,561*	,537*	,241	,223	,351	,180
Valgo MD 45° (°)	-,018	1	,103	,352	,455	,492	-,135	,070	-,019	-,237	,073
Valgo MD PF 45° (°)	-,041	,103	1	-,214	,056	-,017	,201	,342	,172	,535*	,405
Ângulo joelho MD PF 45° (°)	,265	,352	-,214	1	,345	,327	,265	-,113	-,198	-,243	-,020
Valgo MD 90° (°)	,195	,455	,056	,345	1	,631**	,192	-,142	-,051	-,344	-,222
Valgo MD PF 90° (°)	,561*	,492	-,017	,327	,631**	1	,276	-,034	,001	-,122	-,078
Ângulo joelho MD PF 90°	,537*	-,135	,201	,265	,192	,276	1	-,059	-,375	,313	,348

Legenda: Valgo DJ-SL - Valgo Dinâmico máximo na execução do Drop jump a uma perna; Valgo MD 45° - Valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 45°; Valgo MD 90° - Valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 90°; Ângulo joelho MD PF 45°- ângulo do joelho no valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 45°; Ângulo joelho MD PF 90°- ângulo do joelho no valgo Dinâmico máximo na execução da mudança de direção a 90°; RAST Pmax – Potência Máxima no teste RAST, RAST Pmin – Potência Mínima no teste RAST; RAST Fadiga- Fadiga durante o teste RAST; CMJ FREE ARMS PF – Redução em percentagem do tempo de voo no teste countermovement jump com membros superiores após protocolo de fadiga; * é significativa, com ** é altamente significativa

O DJ-SL correlacionou-se ($r=0,601$, $p<0,05$) com o ângulo do joelho na realização da mudança de direção a 45° no grupo Nacional. Já no grupo Regional, a relação com o DJ-SL é verificada com o valgo dinâmico do joelho na mudança de direção a 90° após protocolo de indução de fadiga ($r=0,561$, $p<0,05$), e também com o ângulo relativo do joelho nesta execução ($0,537$, $p<0,05$).

Já o valgo dinâmico na realização da mudança de direção a 45° tem uma relação altamente significativa ($r=0,715$, $p<0,01$) com o valgo na mesma realização, mas após protocolo de fadiga, isto no grupo Nacional. No grupo Regional, o valgo dinâmico do joelho na execução da mudança de direção a 45° relaciona-se com a potência relativa do teste RAST ($0,535$).

O valgo dinâmico do joelho na realização da mudança de direção a 90° apresenta também uma relação positiva ($r=0,508$, $p<0,05$) com o valgo no mesmo teste, mas após protocolo de indução de fadiga. Este último valgo também tem uma relação com a potência máxima ($r=0,506$, $p<0,05$) e com o índice de fadiga ($r=0,503$, $p<0,05$), ambos no teste RAST, isto no grupo Nacional. No grupo regional, a o valgo dinâmico do joelho na mudança de direção a 90° tem uma relação ($r=0,631$, $p<0,01$) com o valgo no mesmo teste, mas após protocolo de indução de fadiga, bem como com o valgo dinâmico do joelho no DJ-SL, já mencionado anteriormente.

6.DISSCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o valgo dinâmico do joelho nos movimentos de DJ-SL e de mudança de direção em atletas de basquetebol femininas, bem como perceber o impacto da fadiga também na mudança de direção. As diferenças em termos de valgo dinâmico do joelho no DJ-SL foram estatisticamente significativas entre os dois grupos, Nacional ($14,46 \pm 5,88^\circ$) e Regional ($27,07 \pm 10,67^\circ$). Podemos também verificar que os valores de valgo dinâmico do joelho na mudança de direção apresenta amplitude considerável entre os grupos: no grupo Nacional o valgo dinâmico do joelho passa dos $14,46 \pm 5,88^\circ$ no DJ-SL para os $20,21 \pm 5,67^\circ$ na mudança de direção a 45° e para $30,07 \pm 7,26^\circ$ na mudança de direção a 90° ; já o grupo Regional no DJ-SL tem um valgo dinâmico do joelho na ordem de $27,07 \pm 10,67^\circ$, passando para $29,61 \pm 7,90^\circ$ na mudança de direção a 45° e $39,30 \pm 11,30^\circ$ na mudança de direção a 90° . Este aumento do valgo dinâmico do joelho com o aumento do ângulo do saída vai ao encontro do relatado por Komsak Sinsurin, (Sinsurin *et al.*, 2013).

Relativamente ao valgo dinâmico do joelho, após protocolo de indução de fadiga verificou-se um aumento do seu valor tanto na mudança de direção a 45° ($24,77 \pm 8,25^\circ$ para $26,59 \pm 12,30^\circ$) como na mudança de direção a 90° ($34,55 \pm 10,40^\circ$ para $35,87 \pm 10,37^\circ$). Estes resultados acompanham estudos anteriores já realizados (Dickin *et al.*, 2015; Fidai *et al.*, 2020), contudo estes valores de aumento do valgo dinâmico do joelho em situação de fadiga não foram estatisticamente significativos.

Na análise, tendo em conta o nível competitivo das atletas, verificámos diferenças relevantes tais como alterações no valgo dinâmico do joelho decorrentes da fadiga. No grupo Nacional, após protocolo de indução de fadiga, os valores de valgo dinâmico na mudança de direção a 45° melhoraram ($20,21 \pm 5,67^\circ$ para $18,55 \pm 5,61^\circ$), já no grupo Regional essa melhoria verificou-se na mudança de direção a 90° ($39,30 \pm 11,30^\circ$ para $37,93 \pm 11,72^\circ$). Embora estas melhorias do valgo dinâmico do joelho após protocolo de fadiga não sejam a norma da maioria dos estudos, estes não são inéditos, tendo sido já descritos (Benjaminse *et al.*, 2007). É sugerido que a fadiga pode provocar nos atletas mecanismos de proteção para diminuir a tensão, dado que foi também reportado que o ângulo do joelho no momento do contacto tende a diminuir com a fadiga.

De referir também que os valores de valgo dinâmico do joelho nas atletas do grupo Regional para a mudança de direção a 90° encontram-se no limite dos valores máximos reportados em outros estudos, 39° (Powers, 2010).

O valgo dinâmico do joelho, na execução do DJ-SL, assume neste trabalho uma correlação positiva com o ângulo do joelho na mudança de direção a 45° com fadiga ($r=0,601$, $p<0,05$), isto para o grupo Nacional; e do ângulo do joelho na mudança de direção a 90° com fadiga ($r=0,561$, $p<0,05$), isto para o grupo Regional. Esta correlação ocorre, curiosamente, nas execuções em que o valgo dinâmico do joelho diminuiu após protocolo de fadiga, nos respectivos grupos. Esta relação indica que a diminuição do valgo dinâmico do joelho ocorre em atletas que também tendem a ter valores menores de ângulo relativo do joelho (Benjaminse *et al.*, 2007). Esta diminuição do valgo dinâmico do joelho associado à diminuição do ângulo relativo do joelho a ele associado, poderá ser explicado por uma tentativa do atleta minorar a influência da fadiga e protegendo-se, provavelmente com um desempenho inferior.

De referir também que no grupo Nacional existiu uma relação altamente significativa ($r=0,715$, $p<0,01$) entre o valgo dinâmico do joelho, antes e após protocolo de indução de fadiga na mudança de direção a 45°, onde diminui o valgo. O grupo regional também teve uma correlação na mudança de direção a 90° ($r=0,631$, $p<0,01$) onde teve também diminuição de valgo.

A avaliação de potência muscular anaerobia através do RAST, os valores entre os dois grupos indicam que o grupo Nacional consegue desenvolver uma potência maior que o grupo Regional, quer em termos absolutos (409,29±86,76 W para 326,53±52,75 W) quer relativos (6,62±1,38 W/kg para 5,99±1,06 W/kg). Contudo o único resultado estatisticamente significativo foi o diferenças no índice de fadiga, sendo este mais elevado no grupo Nacional comparativamente ao regional.

7. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que o movimento de DJ-SL tende a provocar um menor valgo dinâmico do joelho comparativamente à mudança de direção, e que esta tende a provocar um aumento do valgo dinâmico do joelho decorrente do aumento do ângulo da mudança de direção.

Os resultados também sugerem que a fadiga pode alterar o valgo dinâmico do joelho, especificamente no desempenho no teste de mudança de direção. No entanto, os resultados do presente estudo mostram na mudança de direção a 45° uma diminuição do valgo no grupo nacional e um aumento no grupo regional. Já na mudança de direção a 90° verificou-se o oposto, ou seja, um aumento do valgo no grupo nacional e uma diminuição no grupo regional. Neste estudo não foi possível inferir objetivamente o que terá conduzido a esta diversidade de resultados. Verificámos também que os valores de valgo dinâmico do joelho obtidos no DJ-SL foram inferiores aos valores obtidos no teste de mudança de direção, não existindo contudo correlação entre estas duas variáveis.

A avaliação da condição física através do RAST, embora verificadas diferenças relativamente à potência máxima e índice de fadiga, quando comparados os dois grupos, Nacional e Regional, não evidenciou relação com os valgos dinâmicos do joelho avaliados (DJ-SL e mudança de direção), pelo que sugere que não deve, por si só, ser considerado como mais um indicador de predisposição para a prevalência do valgo dinâmico do joelho. Esta dificuldade no relacionamento dos fatores avaliados evidenciam a divergência de resposta das atletas a uma mesma situação, e por isso, o interesse de controlar outros fatores. Os valores de valgo dinâmico obtidos no DJ-SL são menores, já os valores de valgo nas mudanças de direção estiveram junto dos máximos reportados.

7.1 Limitações

Este estudo foi realizado e edializado para conter realidades distintas, de forma a não obter resultados específicos de um clube ou região. Contudo os valores do desvio padrão dentro do grupo foram muito elevados, mesmo quando criados os dois subgrupos o valor de desvio padrão do grupo Nacional manteve-se elevado em várias variáveis.

A paragem competitiva nos anos anteriores (COVID-19) veio trazer muita diversidade de performance, devido à forma como os atletas e clubes a viveram, alguns atletas deixaram de treinar, outros tiveram muitas paragens. Esta situação pode em parte explicar a diferença de desempenhos dentro dos próprios Clubes e Associações, dado ter existido muito abandono desportivo. Pensamos que a realização deste estudo no final da época veio minimizar esta situação. A zona do campo e tipo de skill's que usam será também algo importante, com populações mais avançadas poderá ser equacionado a separação por posição.

Embora tenha havido uma preocupação em determinar com exatidão a fadiga provocada pelo protocolo de indução de fadiga, a velocidade de execução não foi avaliada, ou seja, o resultado obtido pode ter sido alterado não por melhoria funcional mas sim por facilidade na execução. Foi solicitado que a execução fosse a máxima velocidade e supervisionada mas de forma subjetiva, dado que não foi mensurada essa velocidade.

O estudo estava preparado para mais uma realização a 180°, contudo o tempo disponível de campo não permitiu corrigir erros graves nas mudanças de direção, como a rotação em apoio, e por isso foi opção retirar essa avaliação. Provavelmente seria ideal realizar mais uma ou duas sessões de treino previamente à realização das avaliações.

A realização do DL-SL iria aumentar o tempo de execuções após o protocolo de fadiga, agravado pela necessidade de colocar e retirar a caixa a cada execução, o que tornaria o processo mais complicado e com riscos de já não ser efetivamente uma avaliação em fadiga. Poderia também ser incluído o tempo de voo na realização do DJ-SL antes e com fadiga.

A utilização da plataforma de forças seria uma ajuda e um *upgrade* de informação muito interessante, dado que para além do valgo dinâmico do joelho e ângulo relativo do joelho, poderiam ser incluídas variáveis como tempo de contacto, forças de reação do solo nas suas três componentes (vertical, horizontal e médiolateral) no momento de contacto. Todavia, a impossibilidade de colocação da plataforma ao nível do piso não permitiu a sua utilização.

7.2 Sugestões para futuros estudos

A realização de um estudo semelhante com uma amostra de atletas de nível competitivo Nacional, incluindo um maior número de atletas avaliadas permitindo obter resultados mais conclusivos, bem como a realização de mais sessões de melhoria das execuções.

Introduzir mais parâmetros de controlo de execução, plataforma de forças, controlo da velocidade no momento de contacto e no momento pós contacto.

Introduzir um sistema 3D e realizar ao mesmo tempo mais um teste de validação de dados 2D vs 3D, bem como a introdução de mais parâmetros a avaliar sem o processo moroso de digitalização.

Referências Bibliográficas

- Benjaminse, A., Habu, A., Sell, T. C., Abt, J. P., Fu, F. H., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2007). Fatigue alters lower extremity kinematics during a single-leg stop-jump task. Em *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Vol. 16, Issue 4, pp. 400–407). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0432-7>
- Chandrashekar, N., Mansouri, H., Slauterbeck, J., & Hashemi, J. (2006). Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament. Em *Journal of Biomechanics* (Vol. 39, Issue 16, pp. 2943–2950). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.10.031>
- Cumps, E., Verhagen, E., & Meeusen, R. (2007). Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: ankle sprains and overuse knee injuries. *Journal of sports science & medicine*, 6(2), 204–211.
- Dickin, D. C., Johann, E., Wang, H., & Popp, J. K. (2015). Combined Effects of Drop Height and Fatigue on Landing Mechanics in Active Females. Em *Journal of Applied Biomechanics* (Vol. 31, Issue 4, pp. 237–243). Human Kinetics. <https://doi.org/10.1123/jab.2014-0190>.
- Drakos, M. C., Domb, B., Starkey, C., Callahan, L., & Allen, A. A. (2010). Injury in the National Basketball Association. Em *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* (Vol. 2, Issue 4, pp. 284–290). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1941738109357303>
- Draper, P.N, Whyte, G. (1997) Anaerobic performance testing. *Peak Performance*, 87, pp. 7-9.
- Drinkwater, E. J., Pyne, D. B., & McKenna, M. J. (2008). Design and Interpretation of Anthropometric and Fitness Testing of Basketball Players. Em *Sports Medicine* (Vol. 38, Issue 7, pp. 565–578). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00004>
- Fidai, M. S., Okoroha, K. R., Meldau, J., Meta, F., Lizzio, V. A., Borowsky, P., Redler, L. H., Moutzouros, V., & Makhni, E. C. (2020). Fatigue Increases Dynamic Knee Valgus in Youth Athletes: Results From a Field-Based Drop-Jump Test. Em

Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery (Vol. 36, Issue 1, pp. 214-222.e2). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2019.07.018>

- Fleming, B. C., Renstrom, P. A., Beynnon, B. D., Engstrom, B., Peura, G. D., Badger, G. J., & Johnson, R. J. (2001). The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain. *Em Journal of Biomechanics* (Vol. 34, Issue 2, pp. 163–170). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00154-8](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00154-8)
- Foley, R., Bulbrook, B. D., Button, D. C., & Holmes, M. (2017). Effects of a band loop on lower extremity muscle activity and kinematics during the barbell squat. *International journal of sports physical therapy*, 12(4), 550–559.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. *Em The American Journal of Sports Medicine* (Vol. 33, Issue 4, pp. 492–501). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Kastelic, J., Galeski, A., & Baer, E. (1978). The Multicomposite Structure of Tendon. *Em Connective Tissue Research* (Vol. 6, Issue 1, pp. 11–23). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.3109/03008207809152283>
- Leppänen, M., Parkkari, J., Vasankari, T., Äyrämö, S., Kulmala, J.-P., Krosshaug, T., Kannus, P., & Pasanen, K. (2021). Change of Direction Biomechanics in a 180-Degree Pivot Turn and the Risk for Noncontact Knee Injuries in Youth Basketball and Floorball Players. *Em The American Journal of Sports Medicine* (Vol. 49, Issue 10, pp. 2651–2658). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/03635465211026944>
- Maffulli, N., & Caine, D. (2005). The Epidemiology of Children’s Team Sports Injuries. *Em Epidemiology of Pediatric Sports Injuries* (pp. 1–8). KARGER. <https://doi.org/10.1159/000085330>
- Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2018). The impact of loading, unloading, ageing and injury on the human tendon. *Em The Journal of Physiology* (Vol. 597, Issue 5, pp. 1283–1298). Wiley. <https://doi.org/10.1113/jp275450>
- McLean, S. G. (2005). Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. *Em British Journal*

of Sports Medicine (Vol. 39, Issue 6, pp. 355–362). BMJ. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018598>

- Mehl, J., Diermeier, T., Herbst, E., Imhoff, A. B., Stoffels, T., Zantop, T., Petersen, W., & Achtnich, A. (2017). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Em Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* (Vol. 138, Issue 1, pp. 51–61). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5>
- Numata, H., Nakase, J., Kitaoka, K., Shima, Y., Oshima, T., Takata, Y., Shimozaki, K., & Tsuchiya, H. (2017). Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Em Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Vol. 26, Issue 2, pp. 442–447). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4681-9>
- Powers, C. M. (2010). The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. *Em Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* (Vol. 40, Issue 2, pp. 42–51). *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (JOSPT)*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3337>
- Sinsurin, K., Vachalathiti, R., Jalayondeja, W., & Limroongreungrat, W. (2013). Altered Peak Knee Valgus during Jump-Landing among Various Directions in Basketball and Volleyball Athletes. *Em Asian Journal of Sports Medicine* (Vol. 4, Issue 3). Briefland. <https://doi.org/10.5812/asjism.34258>
- Wesley, C. A., Aronson, P. A., & Docherty, C. L. (2015). Lower Extremity Landing Biomechanics in Both Sexes After a Functional Exercise Protocol. *Em Journal of Athletic Training* (Vol. 50, Issue 9, pp. 914–920). *Journal of Athletic Training/NATA*. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.8.03>.
- Willson, J. D., Ireland, M. L., & Davis, I. (2006). Core Strength and Lower Extremity Alignment during Single Leg Squats. *Em Medicine & Science in Sports & Exercise* (Vol. 38, Issue 5, pp. 945–952). Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000218140.05074.fa>

- Skouras, A. Z., Kanellopoulos, A. K., Stasi, S., Triantafyllou, A., Koulouvaris, P., Papagiannis, G., & Papathanasiou, G. (2022). Clinical Significance of the Static and Dynamic Q-angle. *Em Cureus*. Cureus, Inc. <https://doi.org/10.7759/cureus.24911>